CONTEÚDO PROGRAMÁTICO
Prominp
ALINHADO

SOLDADOR DE TUBULAÇÃO

MÓDULO BÁSICO

Sistema FIEB SENAI
Federação das Indústrias do Estado da Bahia

Agora é assim. Tudo que pode ser feito no Brasil, tem que ser feito no Brasil.
Prominp

BR PETROBRAS

anp
COMPROMISSO COM INVESTIMENTO EM PESQUISA & DESENVOLVIMENTO

Ministério de Minas e Energia

BRASIL UM PAÍS DE TODOS
GOVERNO FEDERAL

ABCE • ABDIB • ABEMI • ABIMAQ • ABINEE • ABITAM • BNDES • CNI • IBP • ONIP • SINAVAL

SOLDADOR DE TUBULAÇÃO

© PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A.
Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610, de 19.2.1998.

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, bem como a produção de apostilas, sem autorização prévia, por escrito, da Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS.

Direitos exclusivos da PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A.

FERNANDES, Antonio, CERQUEIRA , Alexsinaldo, CORDEIRO, Washigton e MAGALHÃES, Orliângela
Soldador de Tubulação: Módulo Básico / Prominp - SENAI. Salvador, 2006.

142 p.:il.

PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A.

Av. Almirante Barroso, 81 - 17º andar - Centro
CEP: 20030-003 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

INDICE

Apresentação 12

Introdução 13

1. Eletrotécnica básica 14

1.1 Conceitos básicos 14

1.2 Efeitos da corrente elétrica 17

1.3 Diferenças entre os principais processos de soldagem por fusão 18

1.4 Circuitos 20

1.5 Tipos de correntes 22

1.6 Curvas características do arco elétrico 24

1.7 Função dos condensadores de filtragem 28

2. Terminologia de soldagem 31

3. Processo de soldagem por eletrodos revestidos 51

3.1 Abertura do arco 57

3.2 Perfil incorreto de solda 64

3.3 Descontinuidade na região da solda 65

4. Execução de soldagem 70

4.1 Procedimentos básicos 70

4.2 Equipamentos de soldagem 70

4.3 Máquina de solda 70

4.4 Aterramento 71

4.5 Consumível 72

4.6 Condições para uso 73

4.7 Identificação do eletrodo 73

4.8 Pré-aquecimento, temperatura de interposse e pós-aquecimento 74

5. Processo de Soldagem (Tugsten Inert Gás)..... 79

5.1 Eletrodo de tungstênio 80
5.2 Equipamento 82
5.3 Técnicas de soldagem pelo processo TI 84
5.4 Consumíveis de soldagem 98
5.5 Metais de adição 99
5.6 Inspeção de consumível 108
6. Segurança no trabalho 115
6.1 Segurança relativa ao local de trabalho 116
6.2 Cilindro de gás 120
6.3 Segurança relativa ao pessoal 125
7. Documentos técnicos aplicados à soldagem 132
7.1 O que é sistema de qualidade 132
7.2 Sistema de qualidade é a mesma coisa que controle da qualidade 132
7.3 Documentos do sistema da qualidade aplicáveis à soldagem 132
Bibliografia 142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Aquecimento por resistência e arco elétrico	17
Figura 2	Condutor percorrido por corrente e eletro-imã	18
Figura 3	Banho de galvanização e bateria	18
Figura 4	Soldagem a gás, eletrodo revestido, TIG e MIG/MAG	19
Figura 5	Esquema de equipamento de soldagem TIG	19
Figura 6	Circuito hidráulico e elétrico	20
Figura 7	Tipos de corrente	22
Figura 7	Tipos de corrente	23
Figura 8	Princípio da corrente alternada retificada	23
Figura 9	Princípio da corrente alternada trifásica	24
Figura 10	Circuito aberto	25
Figura 11	Curto-circuito	25
Figura 12	Tensão do circuito durante a soldagem	25
Figura 13	Curva de tensão constante	25
Figura 14	Curva controlada eletronicamente	26
Figura 15	Comprimento do arco normal	27
Figura 16	Comprimento do arco longo	27
Figura 17	Comprimento do arco para diferentes penetrações e largura	27
Figura 18	Arco elétrico com corrente alternada	28
Figura 19	Abertura da raiz, ângulo do bipel e ândulo do chanfro	32
Figura 20A e B	Ângulo de deslocamento (ou de inclinação do eletrodo) e ângulo de trabalho	33
Figura 20C	Ângulo de deslocamento (ou de inclinação do eletrodo) e ângulo de trabalho	33
Figura 21	Camada, cordão de solda ou passe de solda e seqüência de passes	34
Figura 22	Tipos de chanfros	35
Figura 23	Escamas de solda, (A) Passe estreito e (B) Passe oscilante	37

Figura 24 Face da raiz e face do chanfro 38
Figura 25 Face de fusão, zona de ligação e zona de fusão 38
Figura 26 Face de solda, margem de solda, reforço da solda e raiz da solda 38
Figura 27 Garganta efetiva, penetração da junta e penetração da raiz 39
Figura 28 Perna, garganta teórica, garganta real e garganta efetiva de uma solda em ângulo . 40
Figura 29 Juntas de aresta (edge joint) 41
Figura 30 Juntas de topo (butt joint) 42
Figura 31 Juntas de ângulo 42
Figura 32 Juntas sobrepostas 43
Figura 33 Penetração da raiz, penetração da junta 44
Figura 34 Posição de soldagem horizontal 45
Figura 35 Posição de soldagem plana 46
Figura 36 Posição de soldagem vertical 46
Figura 37 Posição de soldagem sobre-cabeça 47
Figura 38 Soldagem com passe a ré 49
Figura 39 Processo por eletrodos revestidos 51
Figura 40 Equipamentos do processo 52
Figura 41 Influência da polaridade e o tipo de corrente na penetração 55
Figura 42 Abertura do arco elétrico 57
Figura 43 Deposição de cordão 58
Figura 44 Padrões de tecimento 59
Figura 45 Posicionamento do eletrodo para soldagem na posição plana 60
Figura 46 Posição para soldagem de juntas em “T” de chapas de mesma espessuras e de chapas de espessuras diferentes 60
Figura 47 Seqüência de deposição de passes na soldagem de uma junta em “T”..... 61
Figura 48 Posicionamento recomendado para a execução de uma solda em filete..... 61
Figura 49 Posicionamento do eletrodo para a soldagem nas posições vertical ascendente e

descendente 61
Figura 50 Perfis adequados de solda em filete e suas dimensões 64
Figura 51 Perfis inadequados de soldas em filete 65
Figura 52 Esquemas dos tipos de distribuição de porosidade 66
Figura 53 Inclusão de escória 67
Figura 54 Falta de fusão 67
Figura 55 Falta de penetração 68
Figura 56 Mordedura 68
Figura 57 Representação esquemática do processo de soldagem TIG 79
Figura 58 Esquema de afiação para corrente contínua..... 81
Figura 59 (A) Região do arco, (B) equipamento do processo TIG 83
Figura 60 Sistema para soldagem TIG 84
Figura 61 Escova de aço 86
Figura 62 Picadeira..... 86
Figura 63 Esmerilhadeira portátil 86
Figura 64 Preparação da unha..... 88
Figura 65 Sentido da soldagem 89
Figura 66 Acabamento 90
Figura 67 Sentido do giro..... 90
Figura 68 Bancada de soldagem 91
Figura 69 Afastamento de tubos..... 92
Figura 70 Sentido de execução 92
Figura 71 Tubo posicionado na posição 6 G 93
Figura 72 Causas predominantes de porosidade 94
Figura 73 Causas predominantes de inclusão metálica..... 95
Figura 74 Causas predominantes de inclusão de óxidos..... 96
Figura 75 Causas predominantes de surgir a trinca..... 97

Figura 76 Oxidação na ponta da pega 108
Figura 77 Oxidação na ponta d0 arco 108
Figura 78 Redução localizada 109
Figura 79 Danos na ponta de arco 109
Figura 80 Falta de aderência 109
Figura 81 Destacamento com expossição da alma 109
Figura 82 Falta de compacidade 109
Figura 83 Trincas transversais 109
Figura 84 Trincas longitudinais 111
Figura 85 Envelhecimento (formação de cristais de silicato) 111
Figura 86 Ausência de conicidade na ponta de arco 110
Figura 87 Tratamento dos consumíveis..... 111
Figura 88 Estufa de secagem (300º - 350º) 112
Figura 89 Estufa de manutenção 113
Figura 90 Estufa portátil 114
Figura 91 Composição de um cilíndro 120
Figura 92 Manuseio do cilíndro de gás 122
Figura 93 Acessório e conexões do cilíndro 122
Figura 94 Posições adequadas dos cilíndros 123
Figura 95 Armazenamento adequados dos cilindros 124
Figura 96 Os EPI's utilizados por um soldador 128
Figura 97 Demostração da radiação através da máscara de soldagem 129
Figura 98 EPS..... 134
Figura 99 EPS..... 135
Figura 100 CQS..... 137
Figura 101 RSQ..... 139
Figura 102 IEIS..... 141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Grandezas 21

Tabela 2 Designação abreviada dos procedimentos de soldagem AWS A3.0-76 31

Tabela 3 Faixa de corrente para eletrodos revestidos 54

Tabela 4 Significado da combinação do 3º e 4º digito para classificação de especificação AWS 5.1.91 e AWS 5.5-86 101

Tabela 5 Classificado AWS para aços baixa liga..... 104

Tabela 6 Arames e varetas Norma AWS A5.18-81..... 106

Tabela 7 Arames e varetas..... 107

Tabela 8 Tipos de cilindros de gás usado em soldagem..... 121

Tabela 9 Numeração dos filtros para lentes da máscara de soldagem..... 129

APRESENTAÇÃO

Este trabalho é produto de uma coleta de dados que facilita e intensifica os horizontes dos profissionais do segmento de Petróleo e Gás, que buscam a todo o momento uma visão técnica do processo produtivo com o qual está envolvido. No setor de petróleo, em especial, as mudanças ocorridas nos últimos anos têm provocado a necessidade de competências que mantenham o nível de competitividade da Petrobras. Assim, todos os prestadores de serviço vinculados à empresa deverão estar em busca constante da qualificação profissional. Seguindo esta linha de pensamento, a Petrobras, em parceria com o SENAI/BA, organizou o curso em questão, cujo objetivo principal é fornecer aos iniciantes, e, também aos já atuantes na atividade, conhecimentos teóricos e práticos necessários à atuação profissional.

INTRODUÇÃO

Parada programada é um espaço de tempo dedicado exclusivamente à manutenção dos equipamentos e tubulações de uma planta industrial. Como todo e qualquer automóvel, eletrodoméstico, ou mesmo o corpo humano, de tempos em tempos, é necessário submetê-lo a uma avaliação e a uma manutenção geral.

Durante essa manutenção geral, é necessário que a planta não esteja operando, isto é, é necessário que os equipamentos e tubulações que a compõem estejam completamente fora de operação, vazios, limpos, ventilados e iluminados para posteriormente serem inspecionados e submetidos à manutenção.

É fácil entender que numa ocasião como esta a unidade operacional não estará produzindo e que certamente ela tem certa urgência em voltar a produzir.

Em virtude disto, as paradas programadas envolvem um número muito grande de profissionais, pois o que se quer conseguir é a realização de todo serviço de manutenção no menor prazo possível.

Como o número de serviços é elevado e muitas frentes de trabalho acontecem ao mesmo tempo, nesta ocasião, muitos profissionais são contratados e o número de pessoas que passam a circular na área operacional aumenta muito.

Em decorrência disso, é muito importante que cada profissional envolvido conheça os riscos inerentes à sua atividade e que domine perfeitamente seus aspectos técnicos.

Pensando nisso, este curso se propõe a apresentar aos soldadores os principais aspectos técnicos e de segurança relativos a suas atividades no ambiente industrial. Esperamos que as informações aqui contidas possam servir de base para um bom desempenho de suas funções e ajudá-los a desenvolver trabalhos com qualidade e segurança.

1. ELETROTÉCNICA BÁSICA

Vamos iniciar recordando alguns conceitos básicos de eletrotécnica. Embora o profissional da área de soldagem não necessite conhecer eletrotécnica profundamente, alguns conceitos básicos são fundamentais ao manusear equipamentos de soldagem.

1.1 Conceitos básicos

1.1.1 Corrente elétrica

Chamamos de corrente elétrica o movimento ordenado de elétrons através de um corpo.

Existem dois tipos de corrente elétrica: corrente alternada e corrente contínua.

• **Corrente alternada:** É aquela que não tem definição de polaridade (+) ou (-). Em um intervalo de um segundo, a polaridade muda 120 vezes (60 ciclos), isto é, em um segundo os elétrons passam 60 vezes pelo positivo e 60 vezes pelo negativo. Encontramos esse tipo de corrente em nossas residências, nas indústrias e nos transformadores de soldagem.

• **Corrente contínua:** É aquela que circula sempre no mesmo sentido, do negativo (-) para o positivo (+) e tem a definição de polaridade. Encontramos esse tipo de corrente nas pilhas, nas baterias dos carros, nos geradores e nos retificadores de soldagem.

• **Tensão elétrica (voltagem):** É a velocidade que faz com que a corrente circule por um condutor.

A voltagem de uma rede elétrica pode ter 110, 220, 380, 440 ou mais Volts (V).

Exemplo da pilha

Uma pilha tem 1,5V. Essa voltagem oferece baixa pressão na corrente, a qual não consegue vencer alguns obstáculos (por exemplo, nosso corpo), mas se colocarmos várias pilhas interligadas a voltagem

será somada.

Quanto maior a tensão, maior a pressão da corrente, facilitando a passagem desta e, conseqüentemente, aumentando o perigo de choque elétrico.

A corrente elétrica seja ela alternada ou contínua pode ter sua tensão medida. O aparelho que mede a tensão é o voltímetro.

A tensão faz com que a corrente elétrica prossiga circulando, mesmo depois que o eletrodo é afastado da peça, porém não ultrapassando o limite que venha a fechar o circuito elétrico e, conseqüentemente, extinguir o arco elétrico.

• **Intensidade da corrente (Ampères):** É a quantidade de elétrons que passa em um instante de tempo por uma seção do condutor. A corrente elétrica seja ela alternada ou contínua, pode ter sua intensidade medida. O aparelho que mede a intensidade da corrente (A) é o amperímetro.

• **Sentido de circulação da corrente:** O sentido real de circulação da corrente elétrica é o pólo negativo (-) para o positivo (+).

• **Polaridade:** Refere-se à ligação dos cabos positivos (+) e negativos (-) da máquina, influenciando na penetração do cordão de solda. Dependendo do tipo de eletrodo, a ligação dos cabos-obra e porta-eletrodo é conectada pela polaridade direta ou pela polaridade inversa.

• **Polaridade direta:** O cabo do porta-eletrodo é conectado ao terminal negativo (-) da máquina, e o cabo-obra, ao terminal (+) da máquina.

• **Polaridade inversa :** O cabo do porta-eletrodo é conectado ao terminal positivo (+) da máquina, e o cabo-obra, ao terminal negativo (-) da máquina.

• **Material condutor:** São corpos que permitem a passagem da corrente elétrica com relativa facilidade.

Os mais conhecidos são: cobre, alumínio, bronze, aço inoxidável, aço carbono, etc.

• **Material isolante:** São corpos que, dentro de uma determinada faixa de tensão, não permitem a passagem da corrente elétrica.

Os materiais isolantes mais usados são:

- Porcelana;
- mica;
- celerom;
- baquelite;
- borracha;
- plástico, etc.

• **Resistência elétrica:** É a dificuldade que um corpo oferece à passagem da corrente elétrica. Essa dificuldade de passagem da corrente gera calor, sendo, em alguns casos, desejável e, em outros, não.

Como exemplo de onde ela é desejável, podemos citar:

- lâmpada;
- ferro de passar;
- tostadeira;
- chuveiro; e arco de soldagem.

Onde a resistência não é desejável:

- em um mau contato numa conexão elétrica;
- na conexão do cabo-obra;
- em um porta-eletrodo gasto ou na falta de aperto no cabo;
- na ligação dos cabos e nos terminais soltos da máquina; e nos cabos de corrente elétrica em mau estado.

• Formação do arco elétrico

É a passagem da corrente elétrica de um pólo (peça) para outro (eletrodo), desde que seja mantido entre eles um afastamento conveniente. Esse afastamento é chamado de comprimento do arco e deve corresponder aproximadamente ao diâmetro do eletrodo em uso (diâmetro da parte metálica, sem contar o revestimento).

O arco elétrico produz alta temperatura, fundindo o eletrodo à peça e formando a solda.

Embora o profissional da área de soldagem não necessite conhecer eletrotécnica profundamente, ele precisa saber alguns conceitos básicos fundamentais ao manusear os equipamentos de soldagem TIG.

Apresentamos os termos técnicos indispensáveis à compreensão da eletrotécnica utilizada na soldagem manual a arco elétrico com eletrodo revestido, identificando os tipos de corrente de alimentação da rede e as curvas características do arco elétrico.

A energia não pode ser criada, só pode ser transformada de uma forma para outra.

1.2 Efeitos da corrente elétrica

• Energia térmica: É a que atua nas alterações de temperatura dos corpos. Na soldagem com eletrodo revestido, ela tem como fonte o arco elétrico.

Figura 1 – Aquecimento por resistência e arco elétrico

• Energia magnética: É encontrada nos imãs.

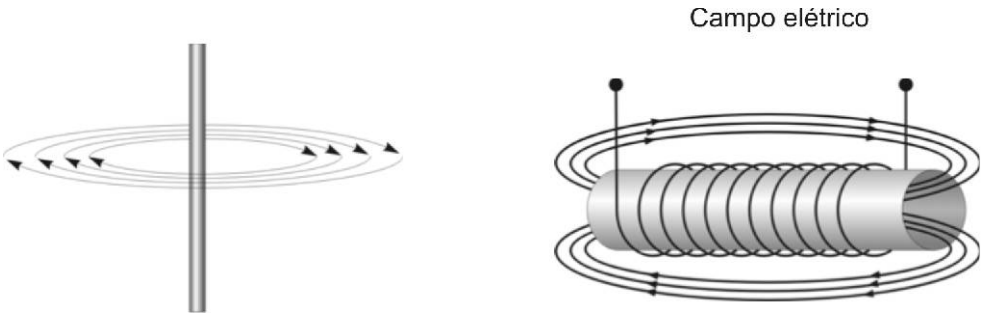


Figura 2 – Condutor percorrido por corrente e eletro-ímã

• **Energia química:** É a energia dos alimentos, dos combustíveis e das reações químicas em geral.

Efeito químico

1.3 Diferenças entre os principais processos de soldagem por fusão

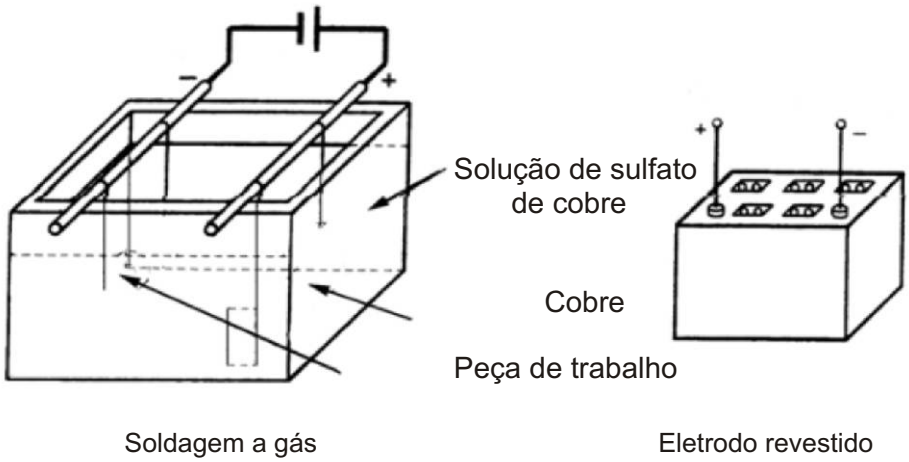


Figura 3 – Banho de galvanização e bateria

Observação:

Na soldagem por fusão, são unidos materiais semelhantes ou ligas diferentes no estado líquido.

A figura 4 detalha a soldagem a arco elétrico com eletrodo de tungstênio e proteção gasosa (TIG).

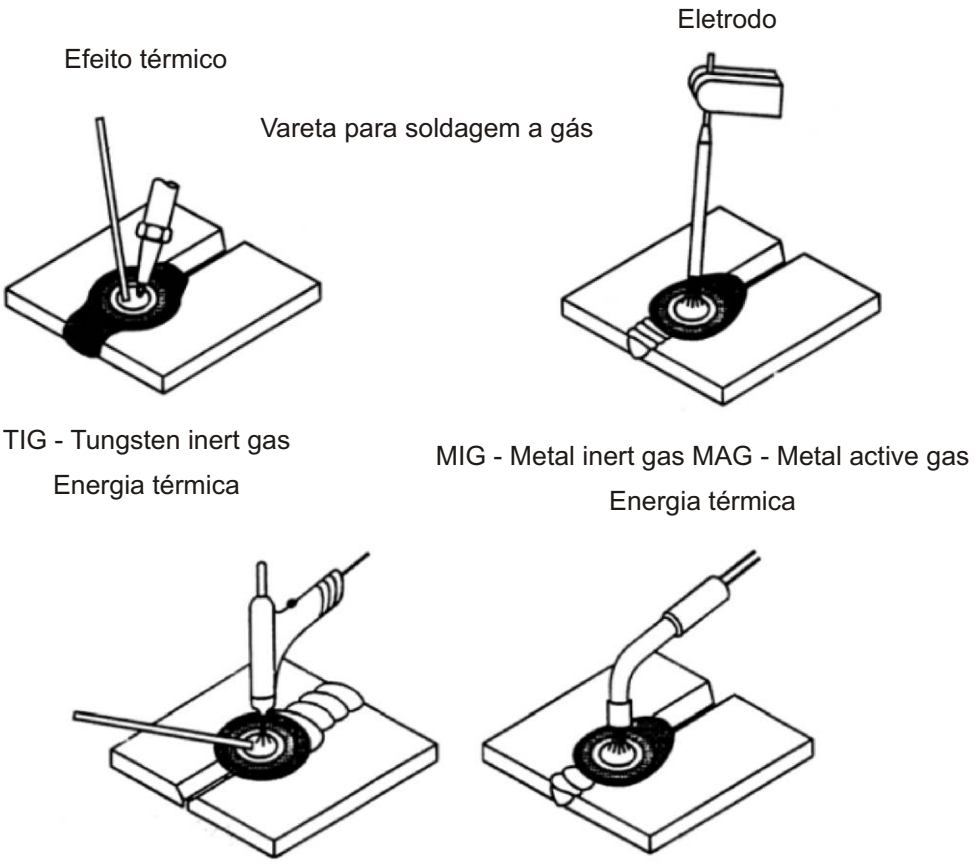


Figura 4 – Soldagem a gás, eletrodo revestido, TIG e MIG/MAG

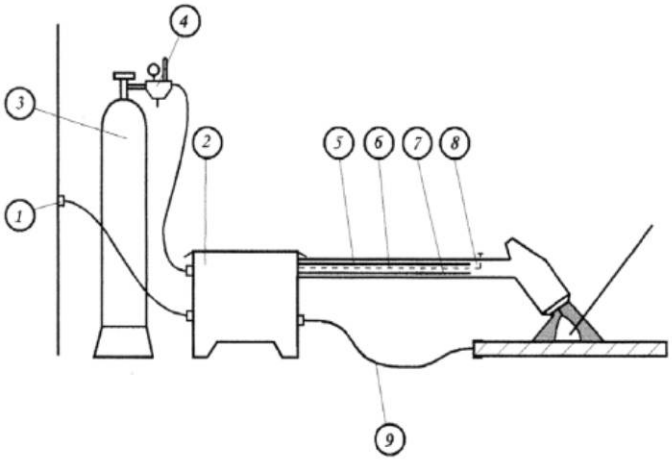


Figura 5 – Esquema de equipamento de soldagem TIG

• **Fonte de corrente e equipamentos de comando**

1. Ligação na rede
2. Fonte de corrente com sistema de refrigeração
3. Cilindro de gás de proteção
4. Válvula reguladora de pressão com medidor de vazão multicabo
5. Cabo de comando da pistola
6. Mangueira de condução do gás
7. Cabo condutor de corrente
8. Pistola com botão de comando

Ligação com a peça

9. Cabo-obra com garra

1.4 Circuitos

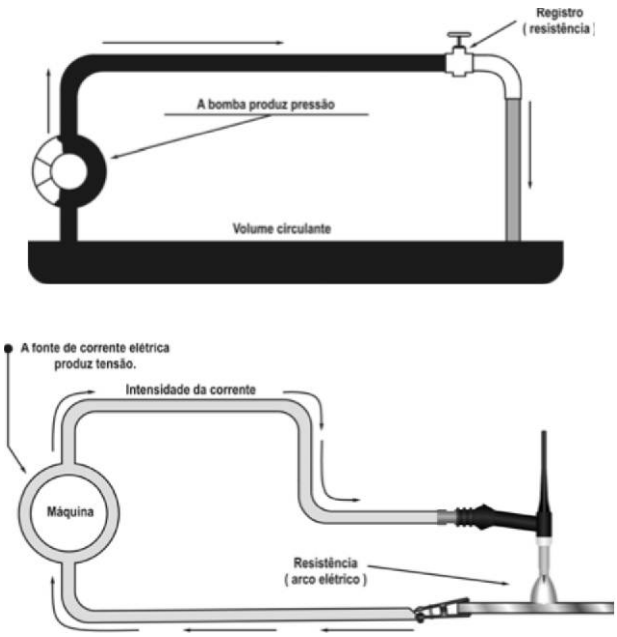


Figura 6 – Circuito hidráulico e elétrico

Grandeza no circuito

Tabela 1 – Grandezas

GRANDEZAS		Símbolo	Unidade
Hidráulica	Elétrica		
Pressão	Tensão	V	V (Volt)
Volume Circulante	Intensidade de Corrente	I	A (Ampére)
Oposição do Fluxo	Resistência Elétrica	R	? (Ohm)

$$I = \frac{V}{R}$$

• Circuito hidráulico

A força motriz do fluxo hidráulico pode ser obtida por meio de pressão da bomba.

O volume circulante é o fluxo no tubo condutor. Ele cresce com o aumento da pressão.

O estreitamento resultante de um registro de água e todas as outras resistências relativas à tubulação reduzem o fluxo de água, aumentando a pressão.

• Circuito elétrico

A força motriz da corrente elétrica é obtida sob a forma de tensão (V), por meio da fonte de corrente elétrica, em Volt.

A corrente elétrica resulta do movimento de elétrons no condutor elétrico. A intensidade de corrente (I), em Ampare, é equivalente a um determinado número de elétrons por segundo. Ela cresce com o aumento de tensão.

A resistência elétrica (R), em Ohm, é obtida por meio de um condutor elétrico com baixo valor de condutividade elétrica como, por exemplo, o arco elétrico.

Todos os tipos de resistência elétrica provocam uma queda na intensidade de corrente.

• Circuito de soldagem

O arco elétrico é a principal resistência neste tipo de circuito, determinando os valores da corrente de soldagem e da tensão do arco elétrico.

Nos cabos de soldagem das fontes de soldagem encontram-se resistências de valores muito pequenos.

1.5 Tipos de corrente

• Corrente contínua: É uma corrente elétrica que flui no mesmo sentido e normalmente com a mesma força.

Para a soldagem, a corrente contínua é muito importante, porque, em certos processos de soldagem a arco elétrico, somente ela pode ser usada.

NOTA: A corrente contínua raramente é usada no consumo público.

• Corrente alternada: É uma corrente elétrica que alterna permanentemente sua direção e força. Sua direção muda 120 vezes por segundo; isso significa 60 períodos (ou ciclos) por segundo, chamados tecnicamente de 60 Hz (Hertz).

NOTA: A corrente alternada é largamente utilizada no consumo público; e a voltagem usada nos prédios, casas, etc. é de 110 ou 220Volts.

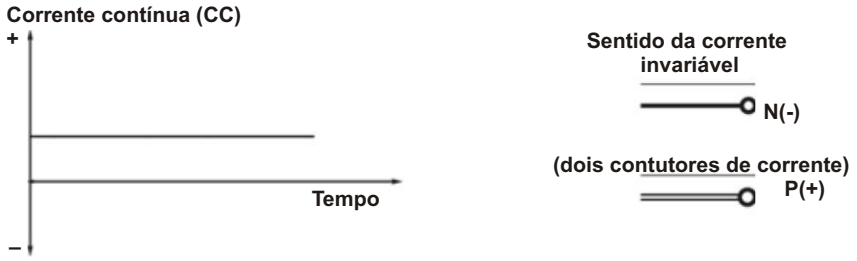


Figura 7A – Tipos de corrente

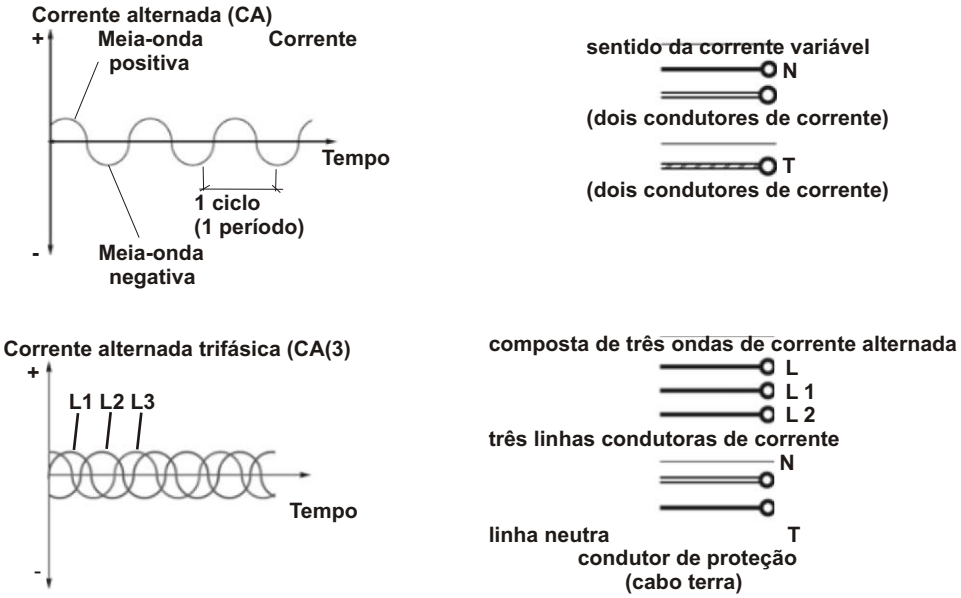


Figura 7B – Tipos de corrente

Corrente alternada trifásica: É uma corrente elétrica formada por três ondas defasadas de corrente alternada de 60Hz (Hertz). Ela é empregada principalmente no abastecimento de rede elétrica onde são ligados aparelhos de grande consumo de energia como, por exemplo, máquinas de solda.

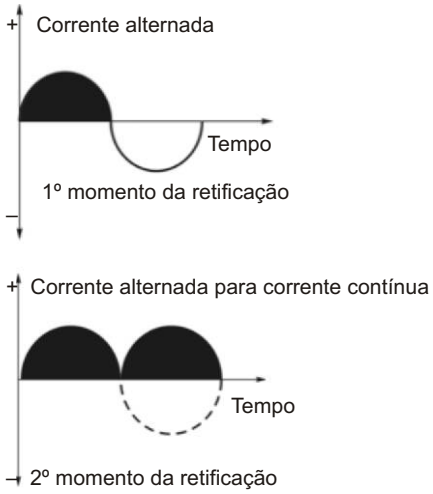


Figura 8 – Princípio da corrente alternada retificada

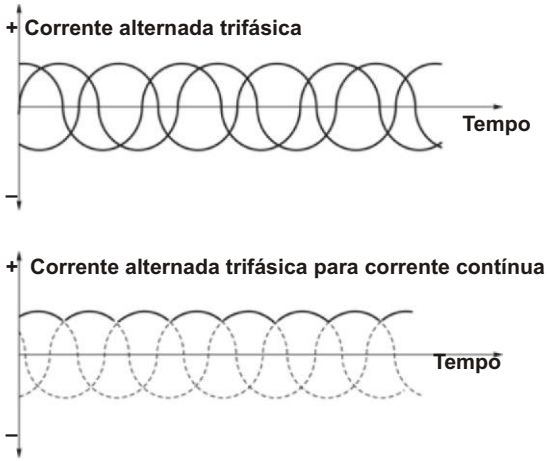


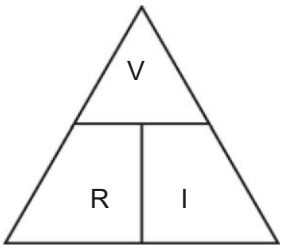
Figura 9 – Princípio da corrente alternada trifásica

Quanto menor a ondulação da corrente de soldagem, melhores as condições durante a soldagem.

1.6 Curvas características do arco elétrico

Lei de OHM

V = R. I ou



Princípio da corrente alternada trifásica

Exemplo para R = 0,2?

Toma-se o valor para a resistência R (0,2?, no caso) e, variando a intensidade da corrente (I), calcula-se a tensão (V).

V = R.I

V = 0,2 . 100 = 20V V = 0,2 . 200 = 40V V = 0,2 . 300 = 60V

1.6.1 Tensão de circuito aberto e tensão de trabalho (circuito fechado)

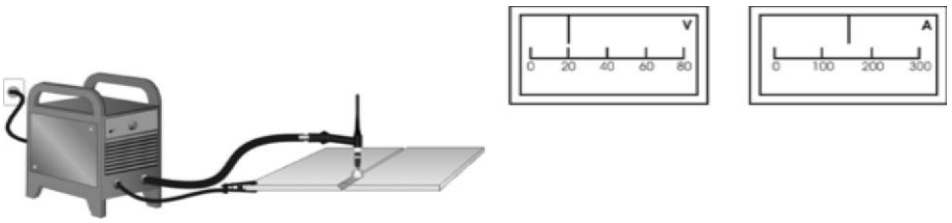


Figura 10 – Circuito aberto

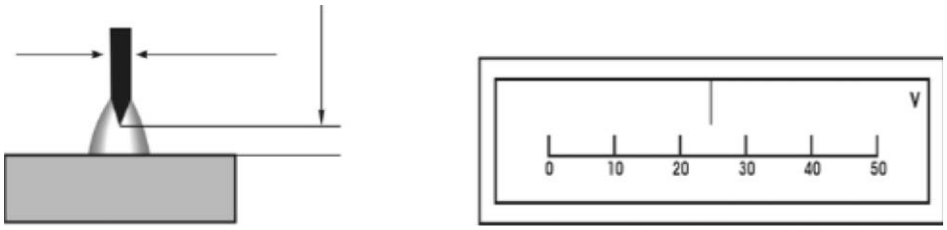


Figura 11 – Curto-circuito

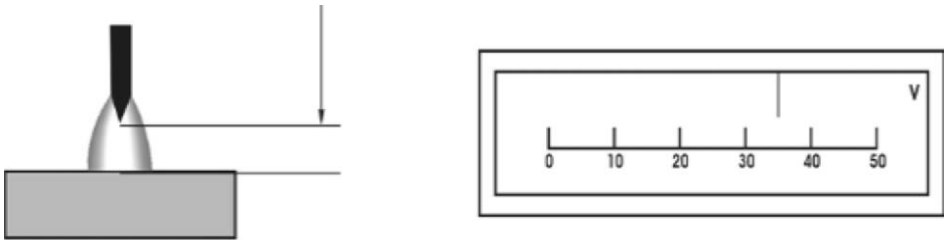


Figura 12 – Tensão do circuito durante a soldagem

• Curvas características das fontes de corrente

Em soldagem manual a arco elétrico (eletrodo revestido e TIG), as curvas características apresentam-se com acentuada inclinação. Considera-se que, tanto para arcos curtos, quanto para longos, a variação da intensidade da corrente é pequena em relação à tensão.

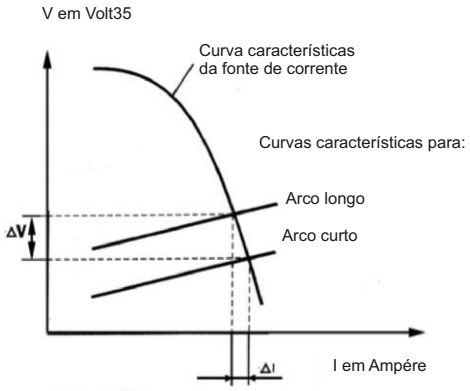


Figura 13 – Curvas de tensão constante

Em processos de soldagem automáticos ou semi-automáticos (MIG/MAG e arco submerso), a curva característica da fonte de corrente apresenta-se com pequena inclinação (valor de tensão quase constante).

Considera-se que a variação da intensidade da corrente para arcos longos ou curtos é grande em relação à tensão.

Assim, os aparelhos de soldagem têm condições de reajustar automaticamente (regulagem interna) o comprimento do arco, antes ajustado para um certo valor.

Curvas controladas eletronicamente oferecem curvas tombantes com várias características que, diante das modificações de comprimento de arco, mantêm praticamente constante a intensidade de corrente. Todas as fontes de corrente para soldagem TIG podem também ser utilizadas para soldagem com eletrodo revestido.

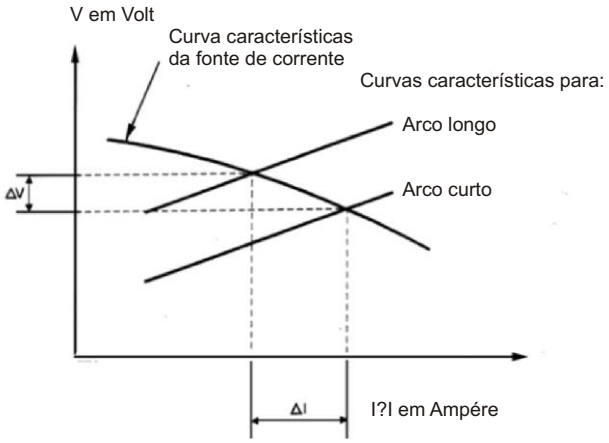


Figura 14 - Curva controlada eletronicamente

1.6.2 Influência da variação do comprimento do arco elétrico

• Voltagem

A voltagem do arco é determinada pelo seu comprimento, que varia normalmente em torno de uma vez e meia o diâmetro do eletrodo de tungstênio.

Este comprimento do arco pode variar para aplicações específicas e, particularmente, de acordo com a preferência do soldador. Quanto maior o comprimento do arco, maior a dissipação de calor para a atmosfera, diminuindo a penetração, alargando o cordão de solda e aumentando a tensão de trabalho.

Quanto à tensão de trabalho:

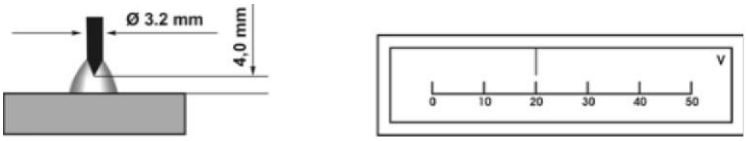


Figura 15 – Comprimento de arco normal

Figura 16 – Comprimento de arco longo

Quanto à penetração e à largura do cordão de solda:

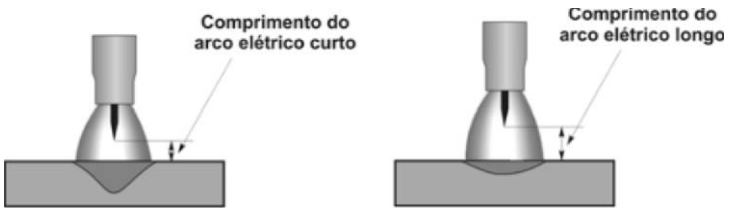


Figura 17 – Comprimento do arco para diferentes penetrações e largura

• Arco elétrico com corrente contínua

Na soldagem com corrente contínua, o eletrodo é ligado ao pólo negativo. Se o eletrodo é ligado ao pólo positivo, sua extremidade será destruída pelo forte aquecimento. Todos os metais, com exceção do alumínio e suas ligas, podem ser soldados com corrente contínua.

• Arco elétrico com corrente alternada

Na corrente alternada, o arco elétrico é extinto a cada troca de polaridade, onde a tensão é nula. Por isso, a cada início de uma meia-onda, deve haver um reacendimento do arco sem contato entre o eletrodo e a peça por meio de pulsos de alta tensão ou de alta freqüência.

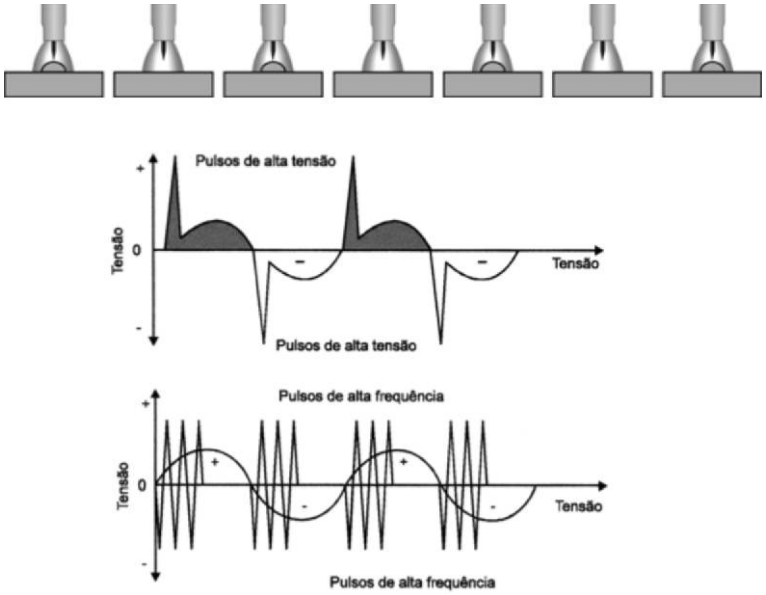


Figura 18 – Arco elétrico com corrente alternada

• Abertura do arco elétrico

Para que possa existir um arco elétrico, o espaço entre o eletrodo e a peça deve se tornar capaz de conduzir a corrente elétrica. Isso é conseguido pelo aumento da temperatura no início da formação do arco, tornando o gás de proteção um condutor elétrico.

1.7 Função dos condensadores de filtragem

Na soldagem TIG do alumínio com corrente alternada, ocorre o efeito de retificação da corrente, o que significa que as ondas da corrente alternada são formadas com intensidades diferentes.

A meia-onda negativa é formada com maior intensidade. O arco elétrico falha e o efeito de limpeza do óxido é insuficiente.

Por meio da aplicação dos condensadores de filtragem, o efeito de retificação da corrente é compensado.

Em alguns equipamentos de soldagem TIG, os condensadores de filtragem podem ser regulados

em estágios.

Processo TIG com corrente pulsada

A corrente de soldagem pulsada se alterna ordenadamente entre uma corrente de base, que geralmente não ultrapassa a 60% da corrente média de soldagem, e uma corrente pulsada com impulsos de corrente geralmente 40% mais altos que os valores médios de corrente utilizada.

Na regulagem desta corrente se utiliza uma freqüência entre 0,5 a 10Hz e impulsos de corrente de duração prolongada (<3Hz). Um arco elétrico decorrente da ação desses impulsos funde o metal de base e o metal de adição. Entre os impulsos de corrente atua a corrente de base, facilitando a solidificação da poça de fusão.

Parâmetros necessários para uma boa regulagem da corrente pulsada:

- corrente de impulsos;
- tempo e freqüência da corrente de impulsos;
- corrente de base;
- tempo e freqüência da corrente de base.

A penetração da solda é influenciada principalmente pela freqüência e pela intensidade dos impulsos de corrente. A freqüência dos impulsos de corrente depende das propriedades do metal de base, e a intensidade dos impulsos depende da espessura.

A velocidade de soldagem e a freqüência dos impulsos devem ser proporcionais. Quanto maior a velocidade de soldagem, maior a freqüência dos impulsos. Uma freqüência de 2 a 3 impulsos por segundo é recomendada para soldagem manual, pois proporciona uma boa condição para se conseguir um cordão de solda com uma boa penetração e um bom aspecto visual.

1.7.1 Vantagens da corrente pulsada

- diminui a introdução de calor e com isso minimiza as deformações;
- melhora a penetração e a uniformidade do cordão de solda;

- inibe a formação de poros e a formação de trincas a quente; e
- boa estabilidade do arco elétrico em correntes de baixa intensidade.

1.7.2 Desvantagens

- necessita grande habilidade do soldador;
- em alguns casos, há perda de produtividade; e
- os equipamentos são mais caros.

2.TERMINOLOGIA DE SOLDAGEM

Através do estudo deste módulo o leitor deve tornar-se apto a:

1) Saber os termos de soldagem corretos e usuais;

2) Identificar os vários tipos de juntas;

3) Identificar os vários tipos de soldas;

4) Identificar os vários tipos de chanfros;

5) Identificar as várias zonas da junta soldada;

6) Identificar as várias posições de soldagem;

Em soldagem no que se refere à terminologia, é difícil a desvinculação dos termos técnicos da língua inglesa. Estes, sempre que possível, serão mencionados entre parêntesis para permitir um perfeito entendimento da matéria.

Os termos relacionados a seguir são apenas alguns dos mais usuais. Os termos técnicos em língua inglesa e suas definições são encontrados numa abordagem mais completa na norma AWS A 3.0

As designações abreviadas dos processos de soldagem mais usuais segundo a norma AWS A3.0, encontram-se na Tabela 1, conforme abaixo.

Tabela 2-Designação abreviada dos processos de soldagem -AWS A3.0-76

Designação AWS	Processos de Soldagem	
EGM	Electrogas Welding	Soldagem Eletro-gás
ESW	Electroslag Welding	Soldagem por Eletro-escória
FCAW	Fluxocored Arc Welding	Soldagem com Arame Tubular
GMAW	Gas Metal Arc Welding	Soldagem MIG/MAG
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding	Soldagem TIG
OAW	Oxyacetylene Welding	Soldagem Oxi-acetilénica
OFW	Oxyfuel Gas Welgind	Soldagem a Gás
PAW	Plasma Arc Welding	Soldagem a Plasma
RW	Resistance Welding	Soldagem por Resinstência Elétrica
SAW	Submerged Arc Welding	Soldagem a Arco Submerso
SMAW	Shielded Metal Arc Welding	Soldagem com Eletrodos Revestidos
SW	Stud Welding	Soldagem de Pino

• **Abertura da raiz (root opening)** - mínima distância que separa os componentes a serem unidos por soldagem ou processos afins .

• **Alicate porta eletrodo (electrode holder)** - dispositivo usado para prender mecanicamente o eletrodo enquanto conduz corrente através dele.

• **Alma do eletrodo (core electrode)** - eletrodo nu componente do eletrodo revestido.

• **Ângulo do bisel (bevel angle)** - ângulo formado entre a borda preparada do componente e um plano perpendicular à superfície.

• **Ângulo do chanfro (groove angle)** - ângulo integral entre as bordas preparadas dos componentes.

• **Ângulo de deslocamento ou de inclinação do eletrodo (travel angle)** - ângulo formado entre uma reta de referência, perpendicular ao eixo da solda, no plano comum ao eixo da solda e ao eixo do eletr

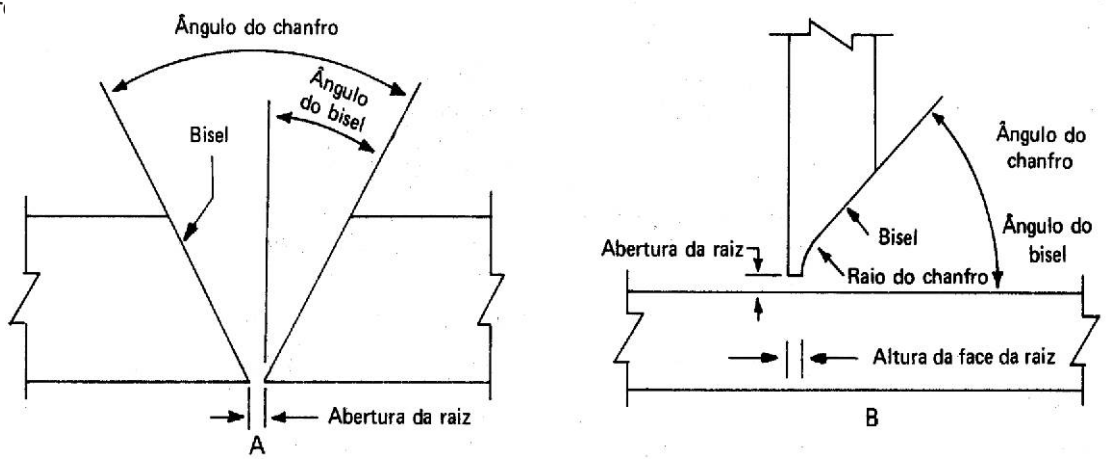


Figura 19 – Abertura da Raiz, Ângulo do Bisel e Ângulo do Chanfro.

• **Ângulo de trabalho (work angle)** - ângulo formado entre o eixo do eletrodo e a reta de referência normal (perpendicular) à superfície do metal de base.

• **Arame** - ver definição de eletrodo nu.

• **Arame tubular** - ver definição de eletrodo tubular.

• **Bisel (bevel)** - borda do componente a ser soldado preparado na forma angular.

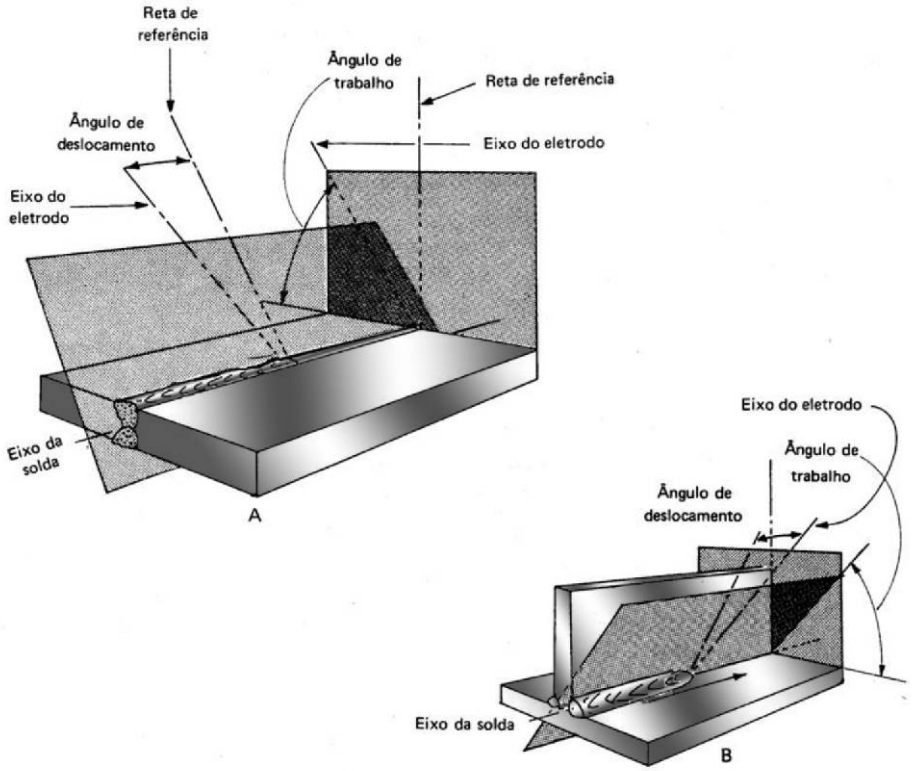


Figura 20A eB – Ângulo de deslocamento (ou de inclinação do eletrodo) e ângulo de trabalho

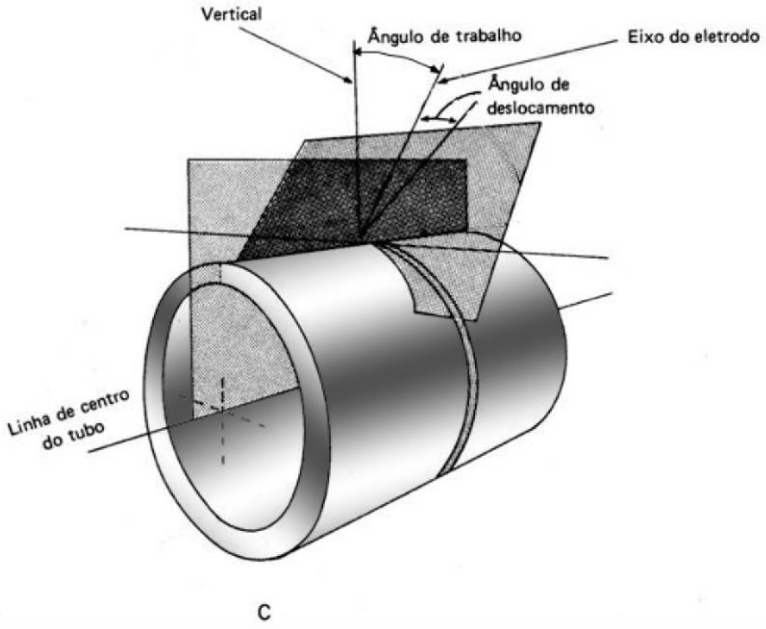


Figura 20C – Ângulo de deslocamento (ou de inclinação do eletrodo) e ângulo de trabalho

• **Brazagem (brazing, soldering)** - processo de união de materiais onde apenas o metal de adição sofre fusão, ou seja, o metal de base não participa da zona fundida. O metal de adição se distribui por

capilaridade na fresta formada pelas superfícies da junta, após fundir-se.

• **Camada (layer)** - deposição de um ou mais passes consecutivos situados aproximadamente num

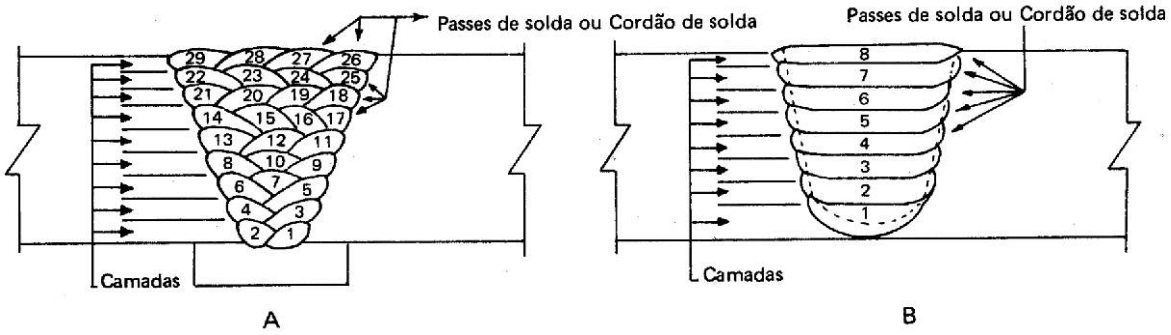


Figura 21–Camada, Cordão de solda ou Passe de solda e Seqüência de Passes

• **Certificado de Qualificação de Soldador (welder certification)** - documento escrito certificando que o soldador executa soldas de acordo com padrões pré-estabelecidos.

• **Chanfro (groove)** - abertura ou sulco na superfície de uma peça ou entre dois componentes, que determina o espaço para conter a solda. Os principais tipos de chanfros são os seguintes:

-Chanfro em J (single-J-groove)

-Chanfro em duplo J (double-J-groove) - Chanfro em U (single-U-groove)

-Chanfro em duplo U (double-U-groove) - Chanfro em V (single-V-groove)

-Chanfro em X (double-V-groove)

-Chanfro em meio V (single-bevel-groove)

-Chanfro em K (double-bevel-groove)

-Chanfro reto, ou sem chanfro (Square-groove)

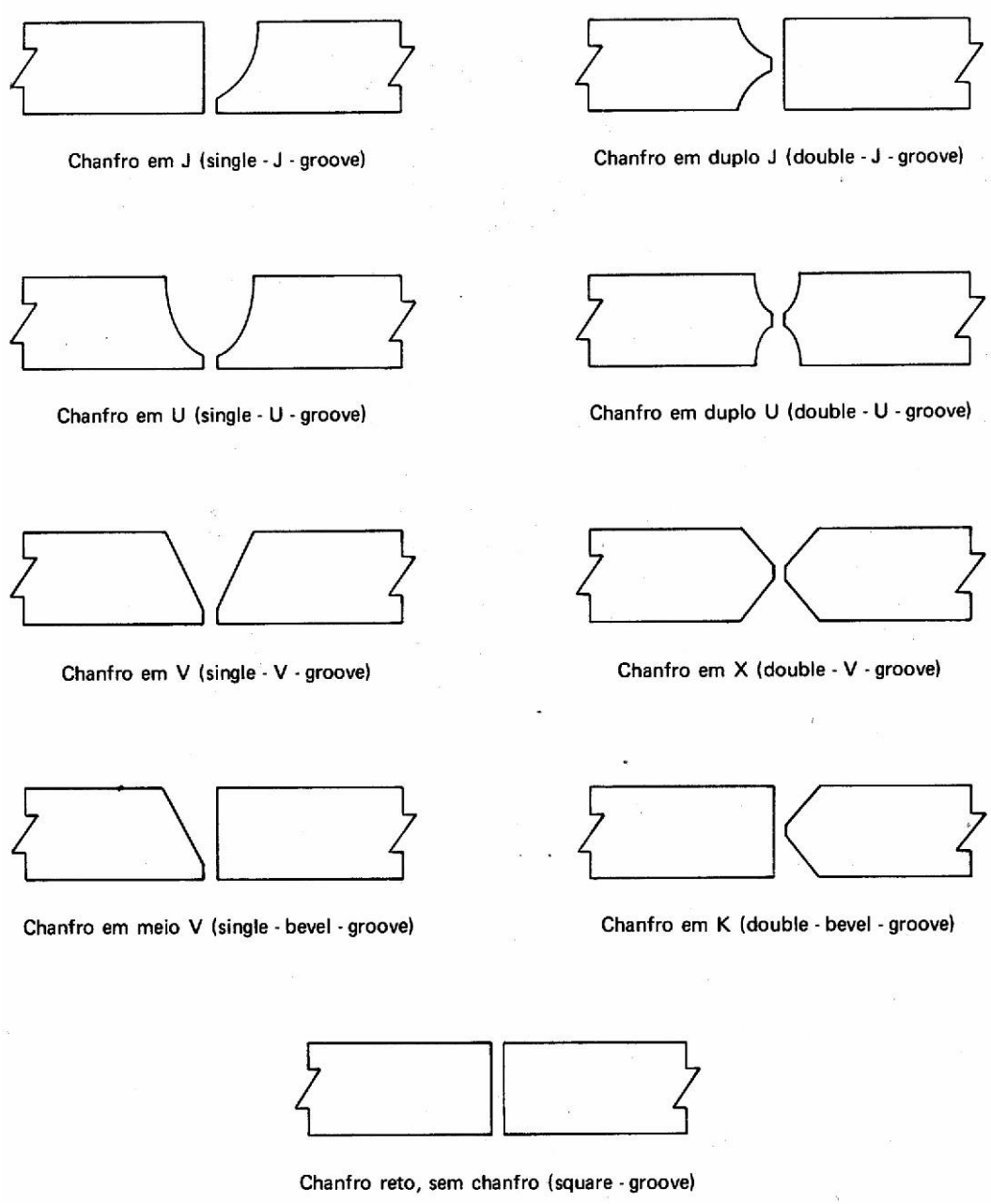

Chanfro em J (single - J - groove)
Chanfro em duplo J (double - J - groove)
Chanfro em U (single - U - groove)
Chanfro em duplo U (double - U - groove)
Chanfro em V (single - V - groove)
Chanfro em X (double - V - groove)
Chanfro em meio V (single - bevel - groove)
Chanfro em K (double - bevel - groove)
Chanfro reto, sem chanfro (square - groove)

Figura 22 – Tipos de chanfros

• **Cobrejunta (backing)** - material (metal de base, solda, material granulado, cobre ou carvão), colocado na raiz da junta a ser soldada, com a finalidade de suportar o metal fundido durante a execução da soldagem.

• **Consumível** - material empregado na deposição ou proteção da solda, tais como: eletrodo, vareta, arame, anel consumível, gás e fluxo.

• **Cordão de solda (weld bead)** - depósito de solda resultante de um passe.

• **Corte com eletrodo de carvão (carbon arc cutting)** - processo de corte a arco elétrico no qual metais são separados por fusão devido ao calor gerado pelo arco voltaico formado entre um eletrodo de grafite e o metal de base.

• **Dimensão da solda (size of weld)**

• Para solda em chanfro - é a penetração da junta (profundidade do bisel mais a penetração da raiz, quando esta é especificada).

A dimensão de uma solda em chanfro e a garganta efetiva deste tipo de solda é a mesma coisa.

• Para solda em ângulo.

Para soldas em ângulo de pernas iguais, é o comprimento dos catetos do maior triângulo retângulo isósceles que pode ser inscrito na seção transversal da solda.

Para soldas em ângulo de pernas desiguais, é o comprimento dos catetos do maior triângulo retângulo que pode ser inscrito na seção transversal da solda.

• **Eficiência de junta (joint efficiency)** - relação entre a resistência de uma junta soldada e a resistência do metal de base.

• **Eletrodo de carvão (carbon electrode)** - eletrodo usado em corte ou soldagem a arco elétrico, consistindo de uma vareta de carbono ou grafite, que pode ser revestida com cobre ou outros revestimentos.

• **Eletrodo nu (bare electrode)** - metal de adição consistindo de um metal ligado ou não, em forma de arame, tira ou barra, e sem nenhum revestimento ou pintura nele aplicado além daquele concomitante à sua fabricação ou preservação.

• **Eletrodo revestido (covered electrode)** - metal de adição composto, consistindo de uma alma de eletrodo no qual um revestimento é aplicado, suficiente para produzir uma camada de escória no metal de solda. O revestimento pode conter materiais que formam uma atmosfera protetora, desoxidam o banho, estabilizam o arco e servem de fonte de adições metálicas à solda.

• **Eletrodo para solda a arco (arc welding electrode)** - um componente do circuito de solda

através do qual a corrente é conduzida entre o alicate de eletrodo e o arco.

• **Eletrodo tubular (flux cored electrode, metal cored electrode)** - metal de adição composto, consistindo de um tubo de metal ou outra configuração com uma cavidade interna, contendo produtos que formam uma atmosfera protetora, desoxidam o banho, estabilizam o arco, formam escória ou que contribuam com elementos de liga para o metal de solda. Proteção adicional externa pode ou não ser usada.

• **Eletrodo de tungstênio (tungsten electrode)** - eletrodo metálico usado em soldagem ou corte a arco elétrico, feito principalmente de tungstênio.

• **Equipamento (weldment)** - produto da fabricação, construção e/ou montagem soldada, tais como equipamentos de caldeiraria, tubulação, estruturas metálicas, oleodutos e gasodutos.

• **Escama de solda (stringer bead, weave bead)** - aspecto da face da solda semelhante a escamas de peixe. Em deposição sem oscilação transversal (stringer bead), assemelha-se a uma fileira de letras V; em deposição com oscilação transversal (weave bead), assemelha-se a escamas entrelaçadas.

• **Face do chanfro (groove face)** - superfície de um componente preparada para conter a solda.

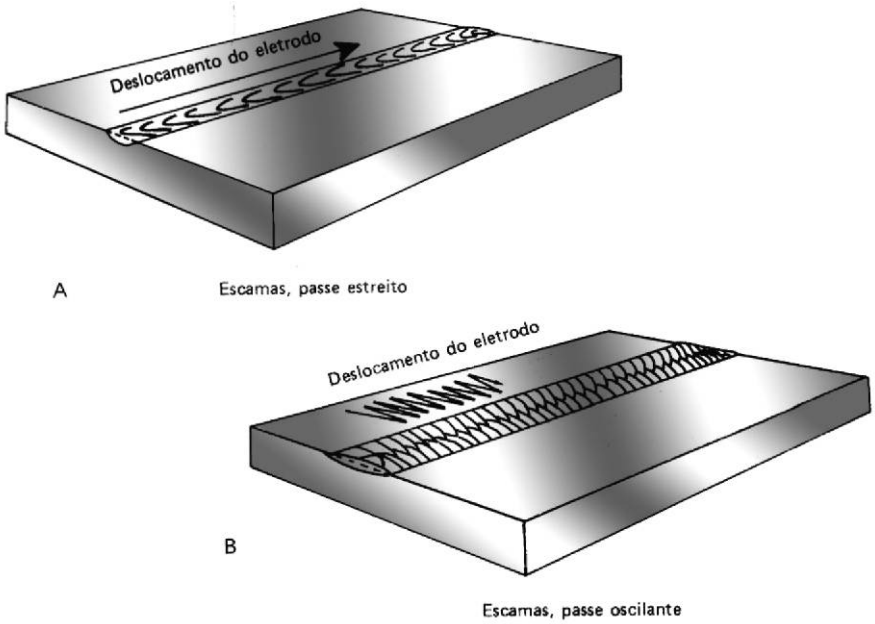


Figura 23 – Escamas de solda, passe estreito e passe oscilante

• **Face de fusão (fusion face)** - superfície do metal de base que será fundida na soldagem.

• **Face da raiz (root face)** - porção da face do chanfro adjacente à raiz da junta.

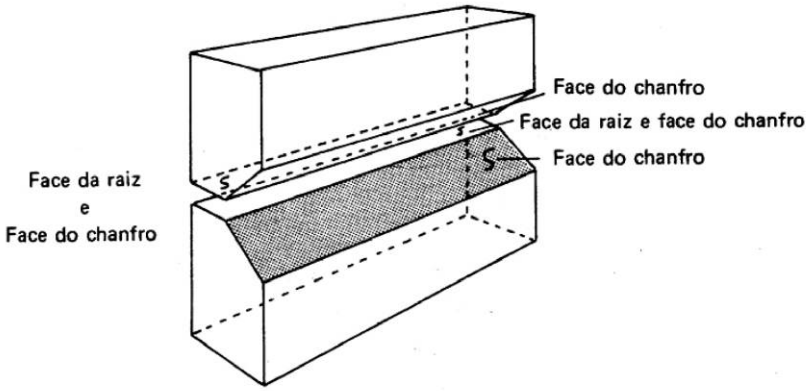


Figura 24 – Face da raiz e Face do Chanfro

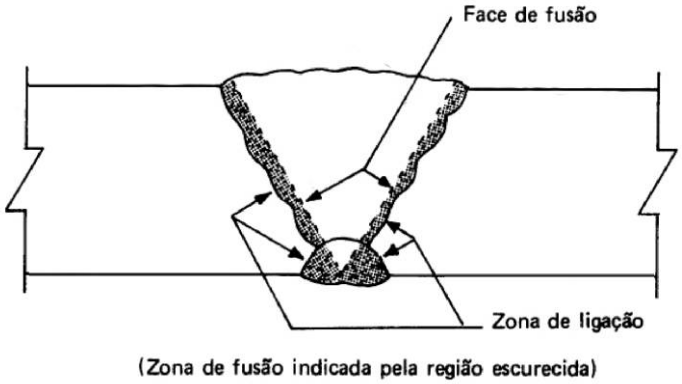


Figura 25 – Face de fusão, Zona de ligação e Zona de fusão

• **Face da solda (face of weld)** - superfície exposta da solda, pelo lado por onde a solda foi executada.

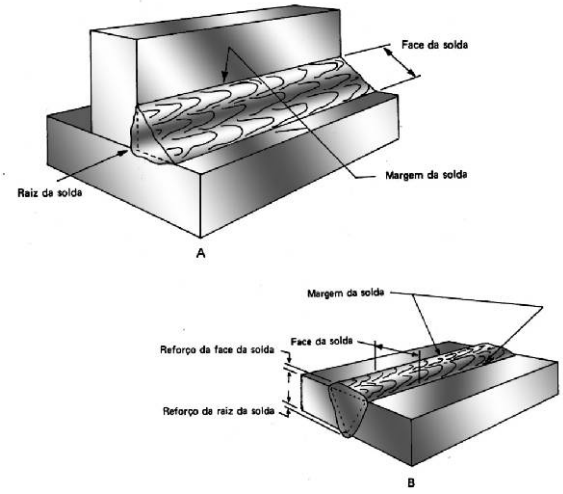


Figura 26 – Face da solda, margem da solda, reforço da solda e raiz da solda.

• **Fluxo (flux)** - material usado para prevenir, dissolver ou facilitar a remoção de óxidos e outras substâncias superficiais indesejáveis.

• **Gabarito de solda (weld gage)** - dispositivo para verificar a forma e a dimensão de soldas.

• **Garganta de solda (throat of a fillet weld)** - dimensão em uma solda em ângulo determinada de três modos:

- teórica: altura do maior triângulo retângulo inscrito na seção transversal da solda.

- real: distância entre a raiz da solda e a face da solda.

- efetiva: distância entre a raiz da solda e a face, inclusive qualquer reforço.

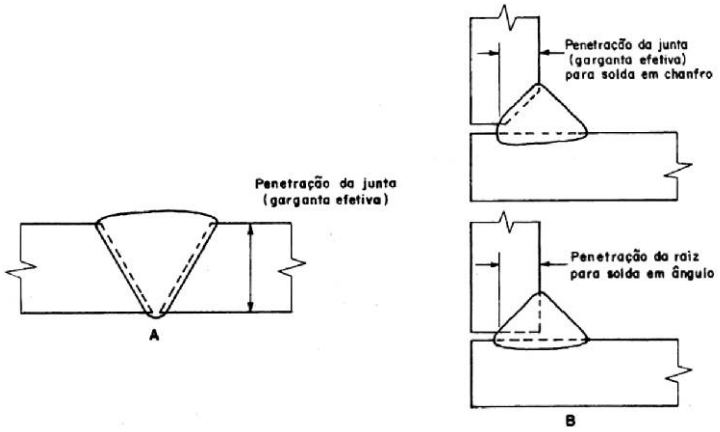


Figura 27 – Garganta efetiva, penetração da junta e penetração da raiz

• **Goivagem (gouging)** - operação de fabricação de um bisel ou chanfro pela remoção de material.

• **Goivagem a arco (arc gouging)** - processo de corte a arco usado para fabricar um bisel ou chanfro.

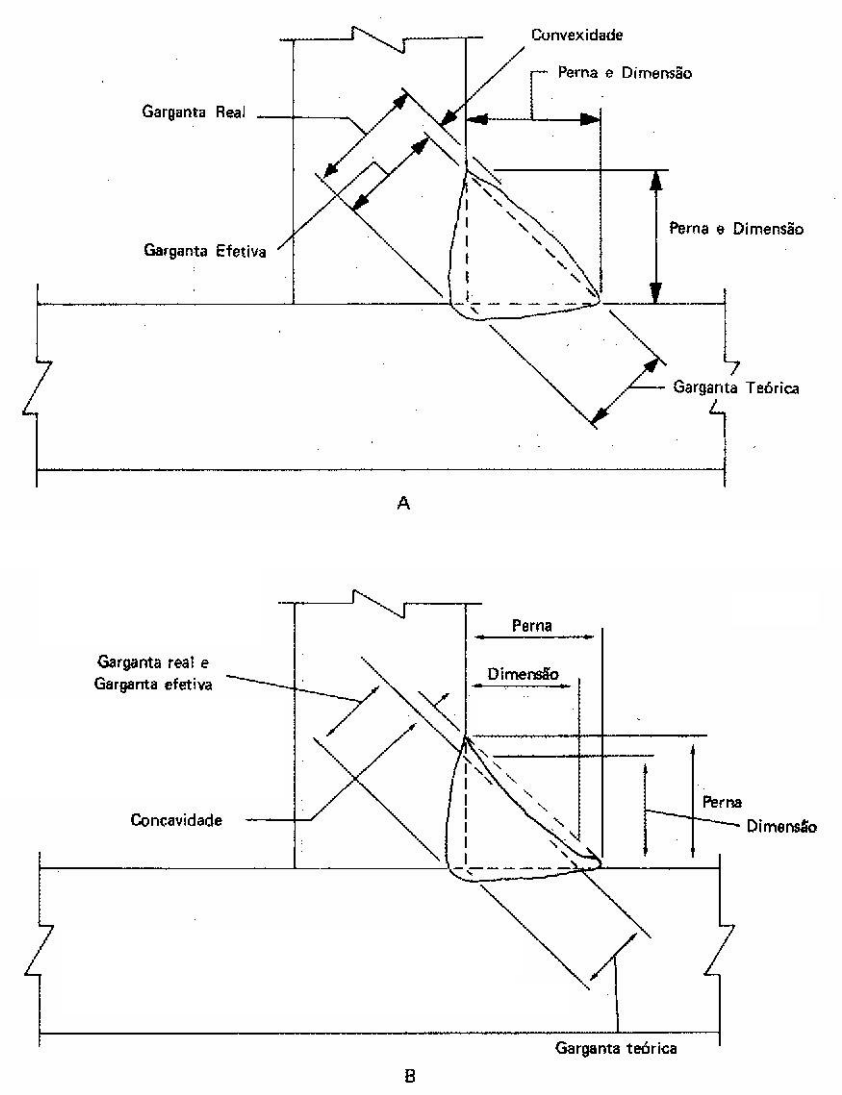


Figura 28 – Perna, garganta teórica, garganta real e garganta efetiva de uma solda em ângulo

• **Goivagem por trás (back gouging)** - remoção do metal de solda e do metal de base pelo lado oposto de uma junta parcialmente soldada, para assegurar penetração completa pela subseqüente soldagem pelo lado onde foi efetuada a goivagem.

• **Inspetor de soldagem (welding inspector)** - profissional qualificado, empregado pela executante dos serviços, para exercer as atividades de controle de qualidade relativas à soldagem.

• **Junta (joint)** - região onde duas ou mais peças serão unidas por soldagem.

• **Junta de aresta (edge-joint)** - junta em que, numa seção transversal, as bordas dos componentes a soldar formam, aproximadamente, um ângulo de 180°).

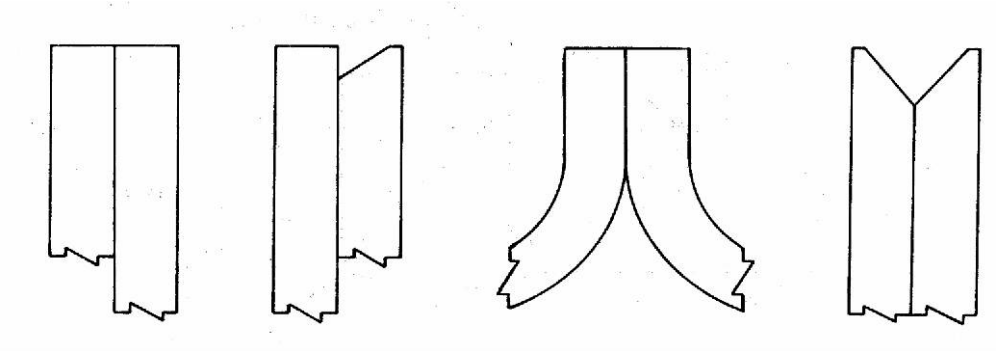


Figura 29 – Juntas de aresta (edge joint)

• **Junta de ângulo (corner joint, T -joint)** - junta em que, numa seção transversal, os componentes a soldar apresentam-se sob forma de um ângulo. As juntas podem ser:

- junta de ângulo em quina;

- junta de ângulo em L;

- junta de ângulo em T;

- junta em ângulo.

• **Junta dissimilar (dissimilar joint)** - junta soldada, cuja composição química do metal de base dos componentes difere entre si significativamente.

• **Junta sobreposta (lap joint)** - junta formada por dois componentes a soldar, de tal maneira que suas superfícies sobrepõem-se.

• **Junta soldada (welded joint)** - união, obtida por soldagem, de dois ou mais componentes incluindo zona fundida, zona de ligação, zona afetada termicamente e metal de base nas proximidades da solda.

• **Junta de topo (butt joint)** - junta entre dois membros alinhados aproximadamente no mesmo plano.

• **Margem da solda (toe of weld)** - junção entre a face da solda e o metal de base.

• **Martelamento (peening)** - trabalho mecânico, aplicado à zona fundida da solda por meio de impactos, destinado a controlar deformações da junta soldada.

• **Metal de adição (filler metal)** - metal a ser adicionado à soldagem de uma junta.

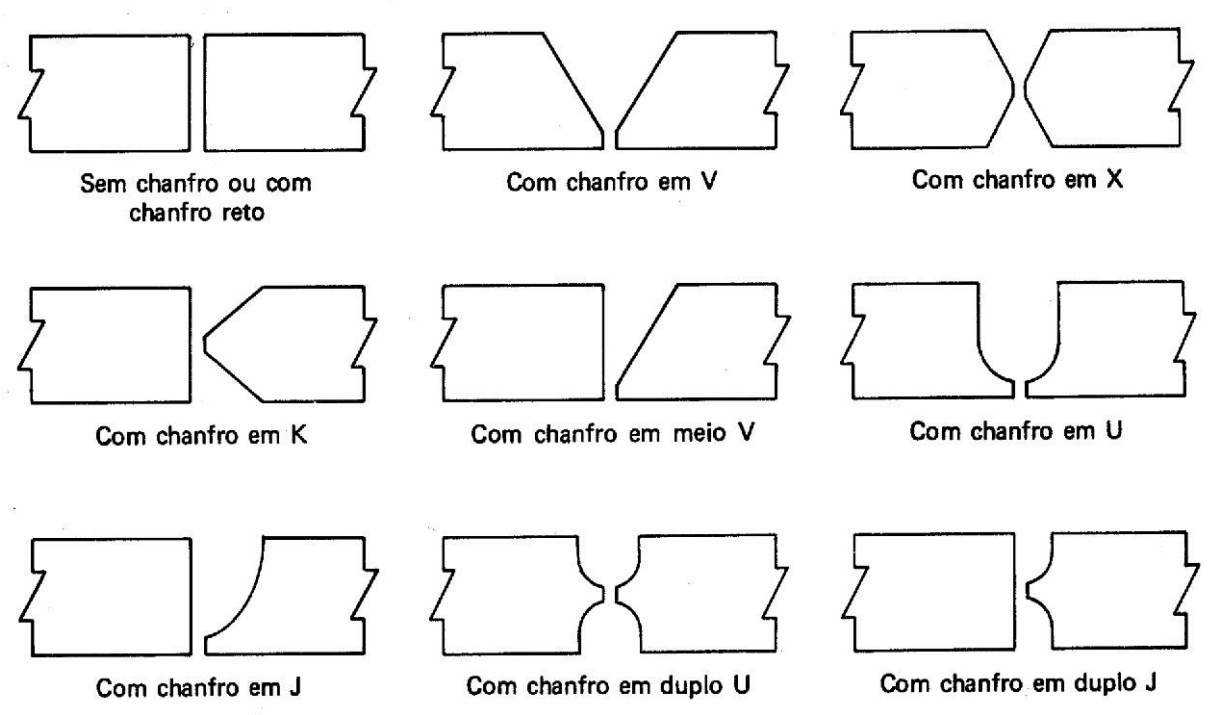

Sem chanfro ou com chanfro reto
Com chanfro em V
Com chanfro em X
Com chanfro em K
Com chanfro em meio V
Com chanfro em U
Com chanfro em J
Com chanfro em duplo U
Com chanfro em duplo J

Figura 30 – Juntas de topo (butt joint)

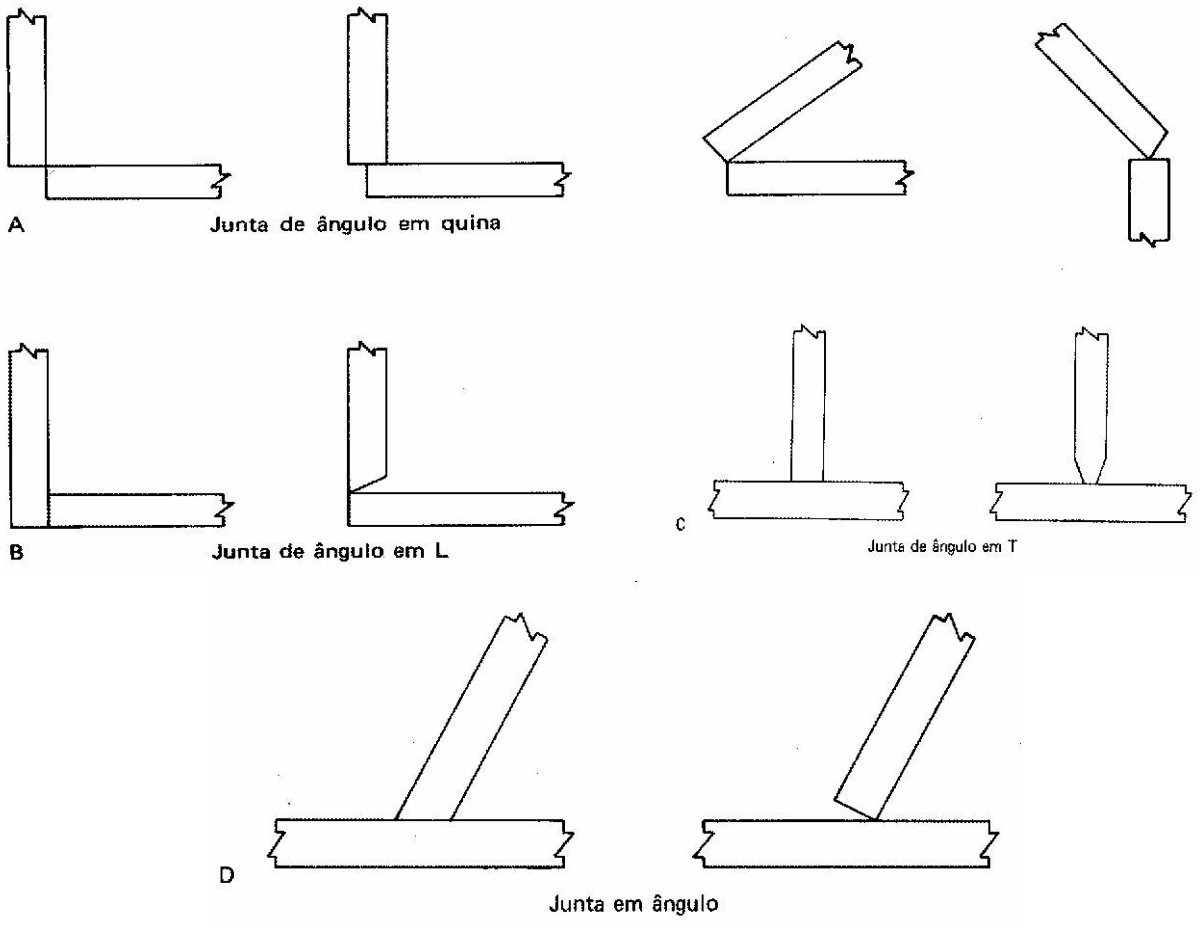


Figura 31 – Juntas de ângulo

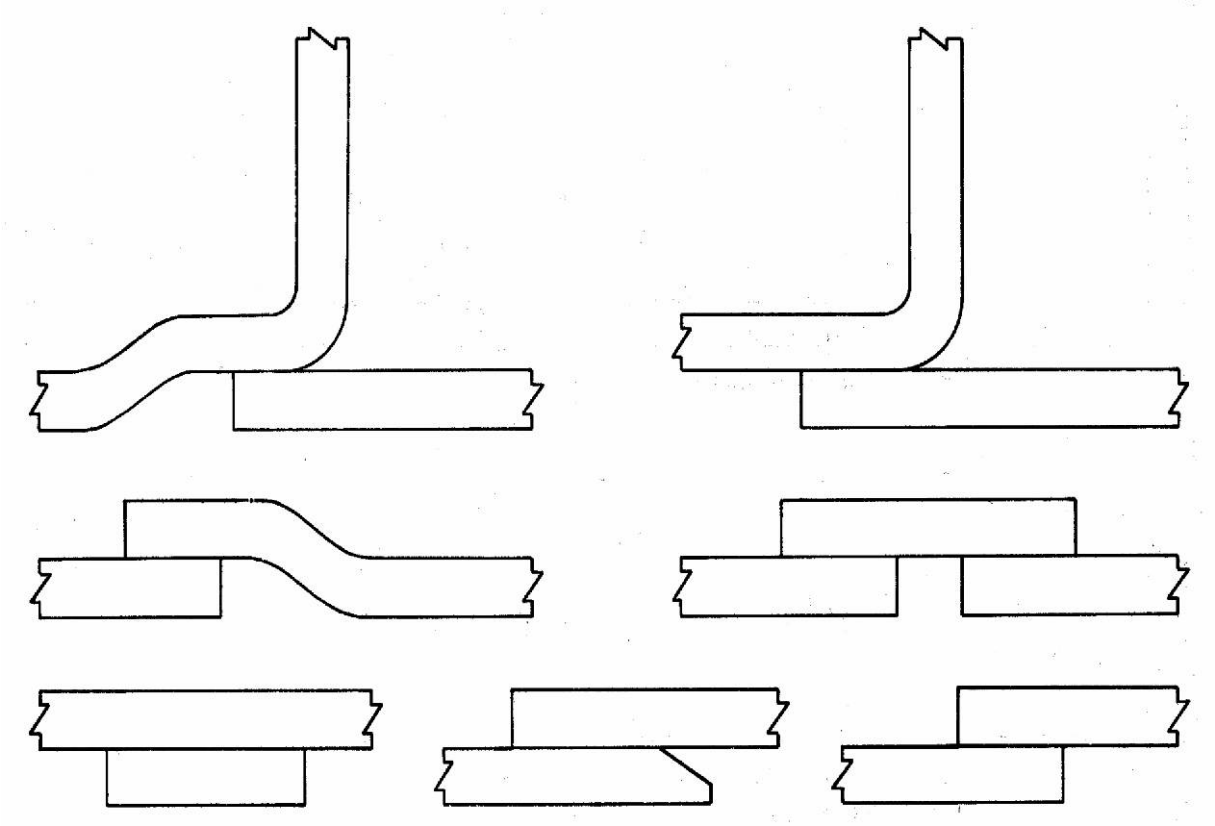


Figura 32 – Juntas sobrepostas

Metal de base (base metal, parent metal) - metal a ser soldado, brazado ou cortado.

Metal depositado (deposited metal) - metal de adição que foi depositado durante a operação de soldagem.

Metal de solda (weld metal) - porção de solda que foi fundida durante a soldagem.

Operador de soldagem (welding operator) - elemento capacitado a operar máquina ou equipamento de soldagem automática.

Passe (pass) - progressão unitária da soldagem ao longo de uma junta.

Passe estreito (stringer bead) - depósito efetuado seguindo a linha de solda, sem movimento lateral apreciável.

Passe oscilante (weave bead) - depósito efetuado com movimento lateral (oscilação transversal), em relação à linha de solda.

Passe de revenimento (temper bead) - passe ou camada depositado em condições que permitam

a modificação estrutural do passe ou camada anterior e de suas zonas afetadas termicamente.

• **Passe de solda (weld bead)** - ver definição de cordão de solda.

• **Penetração da junta (joint penetration)** - profundidade mínima da solda em juntas com chanfro ou da solda de fechamento (flange weld) medida entre a face da solda e sua extensão na junta, inclusive reforços. A penetração da junta pode incluir a penetração da raiz.

• **Penetração da raiz (root penetration)** - profundidade com que a solda se prolonga na raiz da junta medida na linha de centro da seção transversal da raiz.

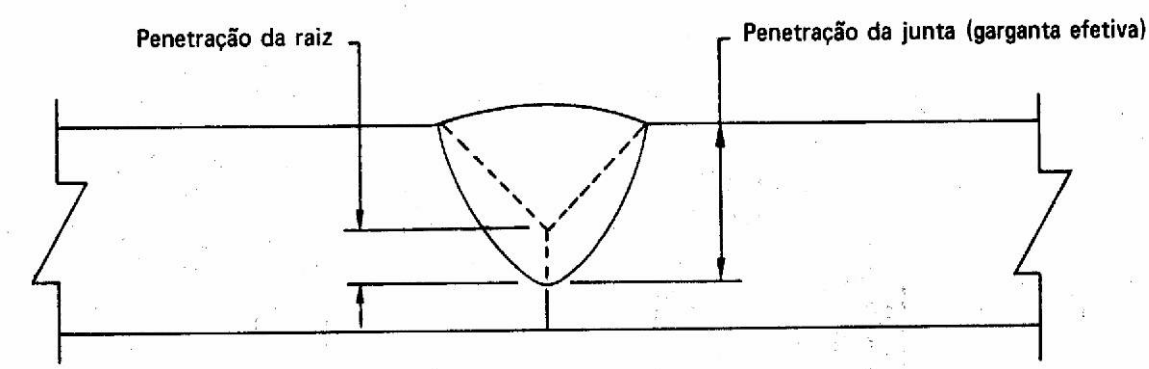


Figura 33 – Penetração da raiz, Penetração da junta.

• **Penetração total da junta (complete joint penetration)** - penetração de junta na qual o metal de solda preenche totalmente o chanfro, fundindo-se completamente ao metal de base em toda a extensão das faces do chanfro.

• **Perna de solda (leg of a fillet weld)** - distância da raiz da junta à margem da solda em ângulo.

• **Poça de fusão (molten weld pool)** - zona em fusão, a cada instante, durante uma soldagem, ou a porção líquida de uma solda antes de solidificar-se.

• **Polaridade direta (straight polarity)** - tipo de ligação para soldagem com corrente contínua, onde os elétrons deslocam-se do eletrodo para a peça (a peça é considerada como pólo positivo e o eletrodo como pólo negativo).

• **Polaridade inversa (reverse polarity)** - tipo de ligação para soldagem com corrente contínua, onde os elétrons deslocam-se da peça para o eletrodo (a peça é considerada como pólo negativo e o eletrodo como pólo positivo).

• **Pós-aquecimento (postheating)** - aplicação de calor na junta soldada, imediatamente após a

deposição da solda, com a finalidade principal de remover hidrogênio difusível.

• **Posição horizontal (horizontal position)** - em soldas em ângulo, posição na qual a soldagem é executada entre a superfície aproximadamente horizontal e uma superfície aproximadamente vertical; em soldas em chanfro, posição na qual o eixo da solda está num plano aproximadamente horizontal e a face

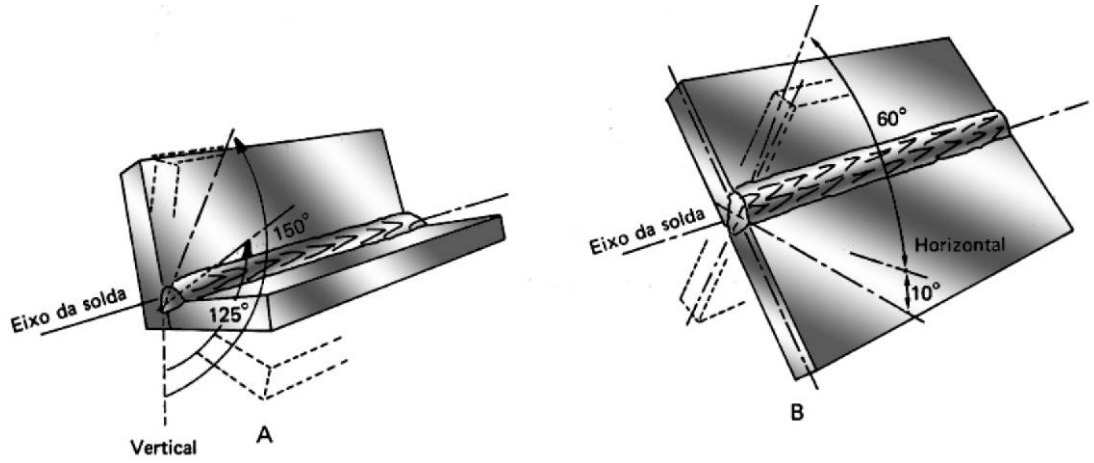


Figura 34 – Posição de soldagem horizontal

• **Posição plana (flat position)** - posição na qual a face da solda é aproximadamente horizontal, sendo usada para soldar a parte superior da junta.

• **Posição vertical (vertical position)** - posição de soldagem na qual o eixo da solda é aproximadamente vertical, sendo que, para tubos, é a posição da junta na qual a soldagem é executada com o tubo na posição horizontal sendo o tubo girado ou não.

• **Posição sobre-cabeça (overhead position)** - posição na qual se executa a soldagem pelo lado inferior da junta.

• **Pré-aquecimento (preheating)** - aplicação de calor no metal de base imediatamente antes da soldagem, brazagem ou corte.

Pré-aquecimento localizado (local preheating) - preaquecimento de uma porção específica de uma estrutura.

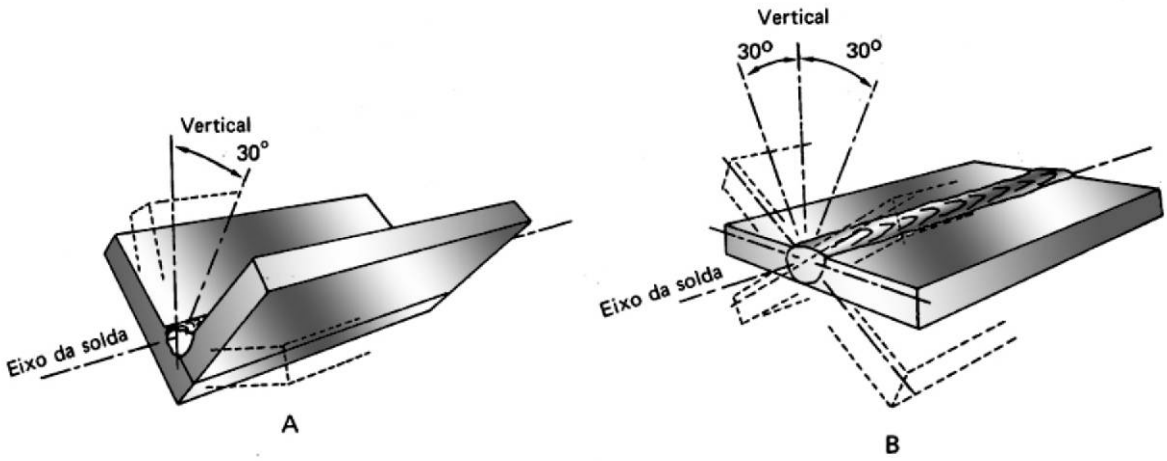


Figura 35 – Posição de soldagem plana

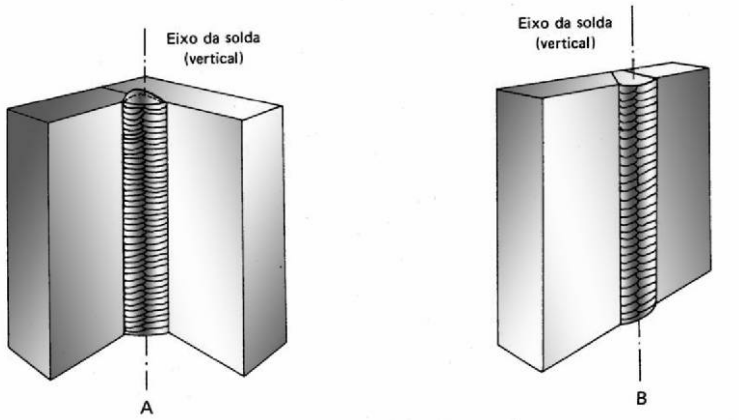


Figura 36 – Posição de soldagem vertical

• **Procedimento de soldagem ou procedimento de soldagem da executante (welding procedure, welding procedure specification)** - documento, emitido pela executante dos serviços, descrevendo todos os parâmetros e as condições da operação de soldagem.

• **Processo de soldagem (welding process)** - processo utilizado para unir materiais pelo aquecimento destes a temperatura adequada, com ou sem aplicação de pressão, ou pela aplicação de pressão apenas, e com ou sem a participação de metal de adição.

• **Profundidade de fusão, penetração (depth of fusion)** - distância que a fusão atinge no metal de base ou no passe anterior, a partir da superfície fundida durante a soldagem.

• **Qualificação de procedimento (procedure qualification)** - demonstração pela qual, soldas executadas por um procedimento específico, podem atingir os requisitos preestabelecidos.

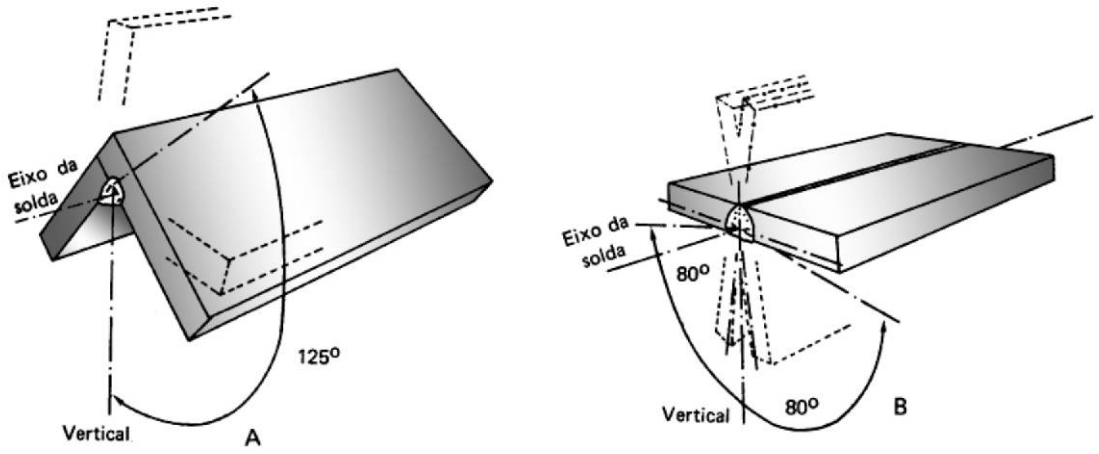


Figura 37 – Posição de soldagem sobre-cabeça

• **Qualificação de soldador (welder performance qualification)** - demonstração da habilidade de um soldador em executar soldas que atendam padrões preestabelecidos.

• **Raiz da junta (root of joint)** - porção da junta a ser soldada onde os membros estão o mais próximo possível entre si. Em seção transversal, a raiz pode ser um ponto, uma linha ou uma área.

• **Raiz da solda (root of weld)** - pontos nos quais a parte posterior da solda intercepta as superfícies do metal de base.

• **Reforço de solda (reinforcement of weld)** - metal de solda em excesso, além do necessário para preencher a junta; excesso de metal depositado nos últimos passes (ou na última camada), podendo ser na face da solda e/ou na raiz da solda.

• **Registro da qualificação de procedimento (procedure qualification record)** - documento, emitido pela executante dos serviços, registrando os parâmetros da operação de soldagem da chapa ou tubo de teste e os resultados de ensaios ou exames de qualificação.

• **Revestimento do chanfro (buttering)** - revestimento com uma ou mais camadas de solda, depositado na face do chanfro, destinado principalmente a facilitar as operações subseqüentes de soldagem.

• **Seqüência de passes (joint buildup sequence)** - ordem pela qual os passes de uma solda multi-passe são depositados com relação à seção transversal da junta.

• **Seqüência de soldagem (welding sequence)** - ordem pela qual são executadas as soldas de

um equipamento.

• **Solda (weld)** - união localizada de metais ou não-metais, produzida pelo aquecimento dos materiais a temperatura adequada, com ou sem aplicação de pressão, ou pela aplicação de pressão apenas, e com ou sem a participação de metal de adição.

• **Solda em ângulo (fillet weld)** - solda de secção transversal aproximadamente triangular que une duas superfícies em ângulo.

• **Solda de aresta (edge weld)** - solda executada numa junta de aresta.

• **Solda autógena (autogenous weld)** - solda de fusão sem participação de metal de adição.

• **Solda automática (automatic welding)** - soldagem com equipamento que executa toda a operação sob observação e controle de um operador de soldagem.

• **Solda em cadeia ou solda intermitente coincidente ou descontínua coincidente (chain intermittent fillet weld)** - solda em ângulo composta de cordões intermitentes, (trechos de cordão igualmente espaçados) que coincidem entre si, de tal modo que a um trecho de cordão sempre se opõe ao outro.

• **Solda em chanfro (groove weld)** - solda executada em uma junta com bisel previamente preparado.

• **Solda heterogênea** - solda cuja composição química da zona fundida difere significativamente da do(s) metal (ais) de base, no que se refere aos elementos de liga.

• **Solda homogênea** - solda, cuja composição química da zona fundida é próxima a do metal de base.

• **Solda de topo (butt weld)** - solda executada em uma junta de topo.

• **Soldabilidade (weldability)** - capacidade de um material ser soldado, sob condições de fabricação obrigatórias a uma estrutura específica adequadamente projetada, e de apresentar desempenho satisfatório em serviço.

• **Soldador (welder)** - pessoa capacitada a executar soldagem manual e/ou semi-automática.

• **Soldagem (welding)** - processo utilizado para unir materiais por meio de solda.

• **Soldagem a arco (arc welding)** - grupo de processos de soldagem que produz a união de metais

pelo aquecimento destes por meio de um arco elétrico, com ou sem a aplicação de pressão e com ou sem o uso de metal de adição.

• **Soldagem automática (automatic welding)** - processo no qual toda operação é executada e controlada automaticamente.

• **Soldagem manual (manual welding)** - processo no qual toda a operação é executada e controlada manualmente.

• **Soldagem com passe a ré (backstep sequence)** - soldagem na qual trechos do cordão de solda são executados em sentido oposto ao da progressão da soldagem, de forma que cada trecho termine no início do anterior, formando ao todo, um único cordão.

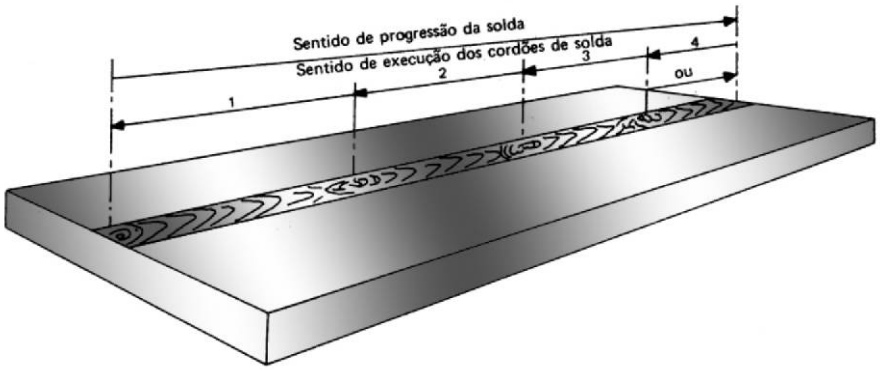


Figura 38 – Soldagem com passe a ré

• **Soldagem semi-automática (semiautomatic arc welding)** - soldagem a arco com equipamento que controla somente o avanço do metal de adição. O avanço da soldagem é controlado manualmente.

• **Sopro magnético (arc blow)** - deflexão de um arco elétrico, de seu percurso normal, devido a forças magnéticas.

• **Temperatura de interpasse (interpass temperature)** - em soldagem multi-passe, temperatura (mínima ou máxima como especificado) do metal de solda depositado antes do passe seguinte ter começado.

• **Velocidade de avanço** - Taxa de deposição do metal depositado ao longo de uma junta durante a soldagem.

• **Vareta de solda (welding rod)** - tipo de metal de adição utilizado para soldagem ou brazagem, o qual não conduz corrente elétrica durante o processo.

• **Zona de fusão (fusion zone)** - região do metal de base que sofre fusão durante a soldagem.

• **Zona fundida** - região da junta soldada que sofre fusão durante a soldagem.

• **Zona de ligação** - região da junta soldada que envolve a zona que sofre fusão durante a soldagem.

3. Processo de Soldagem por Eletrodos Revestidos

Por meio da soldagem com eletrodos revestidos é obtida a união das peças pelo aquecimento localizado com um arco elétrico, fixado num eletrodo metálico consumível e recoberto com um fluxo (eletrodo revestido).

O revestimento, que é consumido com o eletrodo pelo calor do arco, desempenha uma série de funções importantes no processo de soldagem, como, por exemplo:

- estabilização do arco;
- proteção do metal fundido pela formação de escória e de gases;
- adição de elementos de liga e de desoxidantes à poça de fusão, conforme mostra a figura.

Figura 39 – Processo por eletrodos revestidos

• Frente de soldagem

Os equipamentos e materiais que compõem uma frente de soldagem com eletrodo revestido são os seguintes:

- fonte de energia (CC ou CA) com controle do nível de corrente de soldagem;
- cabos e porta-eletrodo;

- eletr
- equi

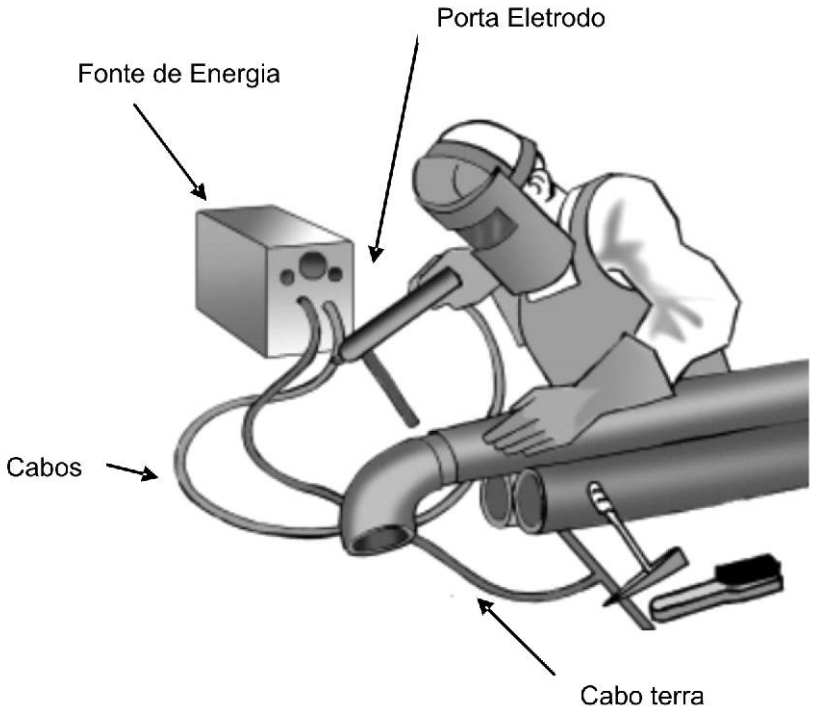


Figura 40 – Equipamentos do processo

A fonte de energia pode apresentar variações, contudo, ela deve possuir saída de corrente constante, com capacidade e tipo adequados aos eletrodos utilizados.

Os cabos, o porta-eletrodo e a lente de proteção também devem ser adequados ao nível de corrente utilizado.

- **Parâmetros de soldagem**

Parâmetros são todas as variáveis do processo de soldagem necessárias à execução de uma junta soldada, de tamanho, forma e qualidade desejados.

A correta seleção dos parâmetros de soldagem é essencial para obter uma junta soldada de qualidade.

Na soldagem manual com eletrodos revestidos, algumas dessas variáveis são:

- tipo e diâmetro do eletrodo;
- tipo, polaridade e valor da corrente de soldagem;
- tensão e comprimento do arco;
- velocidade de soldagem;

- técnica de manipulação do eletrodo, conforme veremos a seguir.

• Tipo e diâmetro do eletrodo

Para um dado tipo de eletrodo é o seu diâmetro que define a faixa de corrente em que pode ser usado. Por conseguinte, a escolha de um ou outro diâmetro para uma determinada aplicação vai depender de fatores sensíveis à corrente de soldagem, como:

- espessura do material;
- posição de soldagem;
- facilidade de acesso do eletrodo ao fundo da junta (tipo junta e chanfro).

• Soldagem fora da posição plana

Exige, em geral, eletrodos de diâmetro menor do que os usados na posição plana, porque é mais difícil controlar a poça de fusão.

• Soldagem em chanfro

As variáveis do chanfro são muito importantes para a escolha do diâmetro do eletrodo, porque na execução do passe de raiz, por exemplo, o diâmetro do eletrodo deve permitir o alcance da raiz da junta a fim de diminuir a possibilidade de ocorrência de falta de penetração e de outras descontinuidades nessa região.

Para garantir maior produtividade ao processo deve-se, a princípio, utilizar, em uma dada aplicação, eletrodos com o maior diâmetro possível e também maior corrente, desde que não ocorram problemas com a geometria do cordão, ou com as suas características metalúrgicas.

• CC e CA Tipo e Valor da Corrente

A faixa de corrente que um determinado eletrodo pode ser usado vai depender do tipo e da espessura do seu revestimento. A tabela mostra as faixas comuns de corrente em diâmetros para

eletrodos celulósicos, rutílicos e básicos.

Tabela 3 – Faixa de Corrente para Eletrodos Revestidos

Tipo de Eletrodo	Tipo de Corrente	Bitola (mm)	Faixa de Corrente	
			Mínimo	Máximo
E 6010 Celulósico	CC+	2,5	60	80
		3,2	80	140
		4,0	100	180
		5,0	120	250
E 6013 Rutílico	CA > 50A CC+ ou -	2,5	60	100
		3,2	80	150
		4,0	105	205
		5,0	155	300
E 7018 Básico	CA > 70A CC+	2,5	65	105
		3,2	110	150
		4,0	140	195
		5,0	185	270

Em geral, o valor mínimo de corrente é determinado pelo aumento da instabilidade do arco, o que acaba tornando a soldagem impossível; já o valor máximo é determinado pela degradação do revestimento durante a soldagem devido ao seu aquecimento excessivo por efeito Joule.

Quanto maior a corrente maior é o aquecimento, que em grandes níveis pode provocar danos ao material, além de gerar deformações.

- **Soldagem vertical e sobre cabeça**

A corrente de soldagem deve ser inferior à usada na posição plana, situando-se na porção inferior da faixa de corrente recomendada pelo fabricante.

- **Escolha da corrente**

A corrente de soldagem deve ser escolhida de modo a obter uma fusão e penetração adequadas da junta, sem, contudo, tornar difícil o controle da poça de fusão. Lembre-se de que uma corrente maior de soldagem aumenta a taxa de fusão do eletrodo; o volume da poça de fusão; a penetração e a largura do cordão.

A forma ideal de obter a faixa de corrente para um eletrodo é através da consulta ao certificado emitido pelo fabricante.

- **Tipo de Corrente e Polaridade**

O tipo de corrente e a sua polaridade afetam a forma e as dimensões da poça de fusão, a estabilidade do arco e o modo de transferência de metal de adição.

A figura 40 mostra a influência da polaridade e do tipo de corrente na penetração.

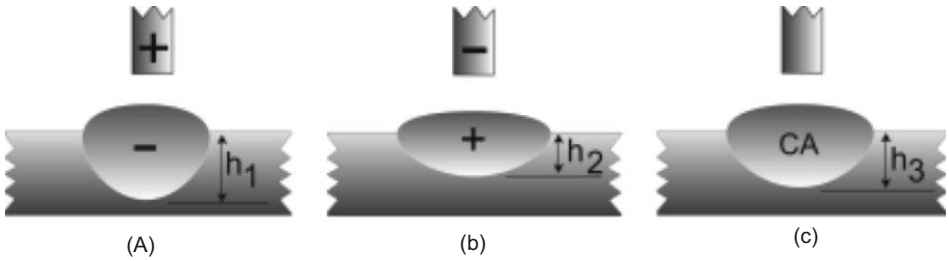


Figura 41 – Influência da polaridade e o tipo de corrente na penetração

(a) Polaridade inversa (CC+)

(b) Polaridade direta (CC -)

(c) Corrente alternada (CA)

Em geral, a soldagem manual com polaridade inversa produz maior penetração e com polaridade direta menor penetração, mas a taxa de fusão é maior. Com corrente alternada, a penetração e a taxa de fusão tendem a ser intermediárias, mas a estabilidade do processo pode ser inferior. Por outro lado, a soldagem com CA apresenta menos problemas de sopro magnético, sendo indicada para a soldagem com eletrodos e correntes maiores.

- **Tensão e comprimento do arco**

A tensão do arco varia cerca de 18 V a 36 V, dependendo do tipo de eletrodo, das características de seu revestimento, do valor da corrente e do comprimento do arco. Maiores valores de diâmetro, de corrente e do comprimento do arco implicam aumento da tensão.

Na soldagem manual, o controle do comprimento do arco é feito pelo soldador, o que exige habilidade, conhecimento e experiência. Todos esses requisitos são essenciais, pois a manutenção do comprimento adequado do arco é fundamental para que se obtenha uma solda aceitável. Comprimento muito curto, por exemplo, provoca um arco intermitente, com interrupções freqüentes, podendo até mesmo ser extinto, "grudando" o eletrodo na poça de fusão.

Comprimento muito longo provoca um arco sem direção número de respingos e de proteção deficiente.

Assim, recomenda-se que o comprimento ideal do arco varie entre 0,5 e 1,1 vezes o diâmetro do eletrodo.

É importante lembrar ainda que comprimento correto ou ideal do arco em uma aplicação depende dos seguintes fatores:

- Diâmetro do eletrodo;
- Tipo de revestimento;
- Corrente utilizada;
- Posição de soldagem.

- **Velocidade de soldagem**

A velocidade de soldagem deve ser escolhida de forma que o arco fique ligeiramente à frente da poça de fusão. Essa escolha é muito importante.

Velocidade muito alta, por exemplo, resulta em um cordão estreito com um aspecto superficial inadequado, além de mordeduras e de escórias de remoção mais difícil, alem de provocar defeitos como falta de penetração na raiz ou falta de fusão.

Velocidade muito baixa resulta em cordão largo, com convexidade excessiva e, por vezes, uma menor penetração.

3.1 Abertura do arco

Para realizar a abertura, o eletrodo deve ser rapidamente encostado e afastado da peça em uma região a ser refundida durante a soldagem, e próxima ao ponto inicial do cordão. A figura mostra as técnicas empregadas.

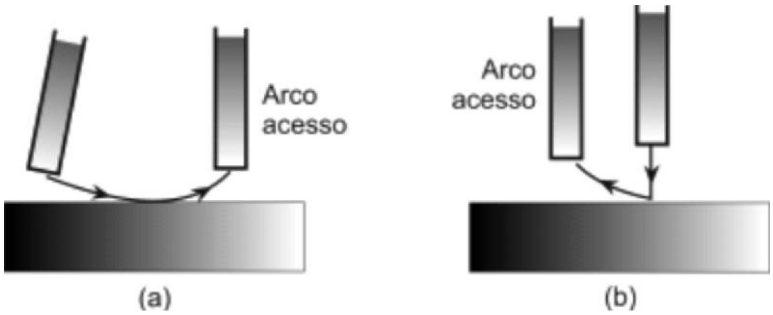


Figura 42 – Abertura do arco elétrico

3.1.1 A abertura de arco deve ser feita sempre dentro do chanfro

A abertura fora de uma região a ser refundida pode deixar na peça pequenas áreas parcialmente fundidas, com tendência a serem temperadas e de alta dureza. Esse tipo de defeito é conhecido como "marca de abertura do arco". Além do aspecto pouco estético, essas áreas podem originar trincas em aços mais temperáveis.

O agarramento do eletrodo na superfície da peça também é comum em tentativas de abertura do arco, principalmente por soldadores menos experientes. Nesse caso, o eletrodo deve ser removido com um rápido movimento de torção de sua ponta. Mas se esse procedimento não for suficiente, a fonte deve ser desligada ou o eletrodo separado do porta-eletrodo, o que é menos recomendável, para ser então removido com o auxílio de uma talhadeira.

3.1.2 Deposição do cordão

Durante a deposição do cordão, o soldador deve executar três movimentos principais:

1. Mergulho do eletrodo em direção à poça de fusão, de modo a manter o comprimento do arco constante. Nesse procedimento, a velocidade de mergulho deve ser igual à velocidade de fusão do eletrodo, que

depende da corrente de soldagem.

2. Translação do eletrodo ao longo do eixo do cordão com a velocidade de soldagem. Na ausência do terceiro movimento (tecimento), a largura do cordão deve ser cerca de 2 mm a 3 mm maior que o diâmetro do eletrodo, quando numa velocidade de soldagem adequada.

3. Tecimento, isto é, deslocamento lateral do eletrodo em relação ao eixo do cordão. Esse movimento é utilizado para as seguintes finalidades:

- depositar um cordão mais largo;
- fazer flutuar a escória;
- garantir a fusão das paredes laterais da junta;
- tornar mais suave a variação de temperatura durante a soldagem.

Figura 43 – Soldagem no campo

Em geral, o tecimento deve ser restrito a uma amplitude inferior de três vezes o diâmetro do eletrodo, aproximadamente. Amplitudes acima desta reduzem muito a velocidade de soldagem provocando alto aquecimento e grandes deformações.

Grande parte da qualidade de uma solda depende do perfeito domínio da execução desses três movimentos.

São inúmeros os padrões de tecimento. A figura 44 mostra alguns exemplos.

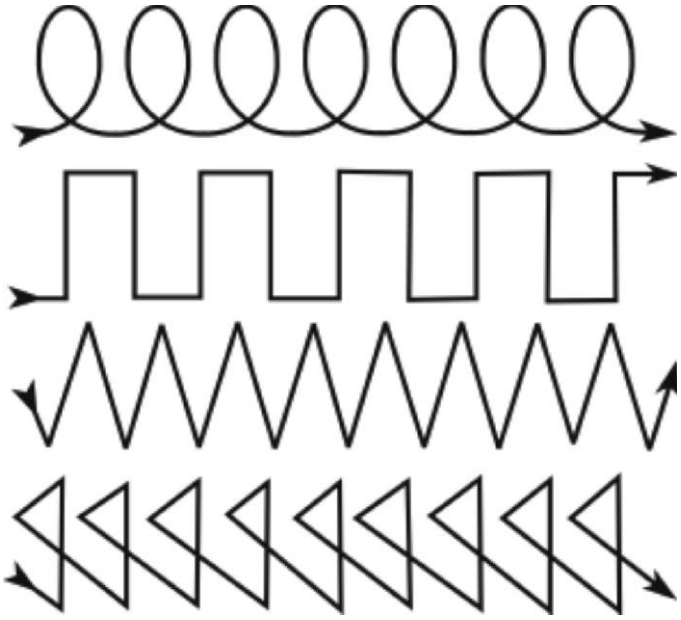


Figura 44 – Padrões de tecimento

3.1.3 Posicionamento do eletrodo

Além dos movimentos citados, também é importante para o soldador realizar o posicionamento correto do eletrodo em relação à peça.

O posicionamento varia de acordo com o tipo e a espessura do revestimento; as características da junta e a posição de soldagem; e as seguintes finalidades:

- evitar que a escória resvale para a frente da poça de fusão, o que facilitaria o seu aprisionamento na solda;
- controlar a repartição de calor nas peças que compõem a junta;
- facilitar a observação da poça de fusão;
- minimizar os efeitos do sopro magnético quando presente.

Esse controle é importante na soldagem de juntas formadas por peças de espessuras diferentes.

O posicionamento do eletrodo e a sua movimentação em uma aplicação dependem não só das características da aplicação como também da experiência do soldador. As figuras a seguir mostram alguns exemplos.

• Posicionamento do eletrodo para soldagem na posição plana.

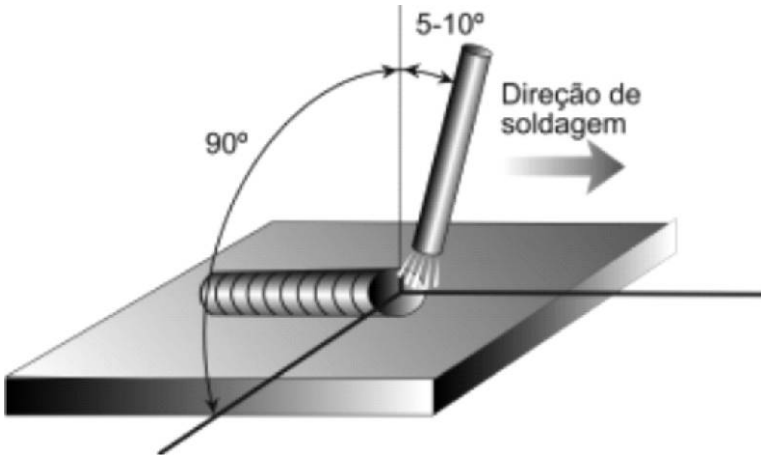


Figura 45 - Posicionamento do eletrodo para soldagem na posição plana

• Posicionamento para soldagem de juntas em "T" de chapas de mesma espessura e de chapas de espessuras diferentes.

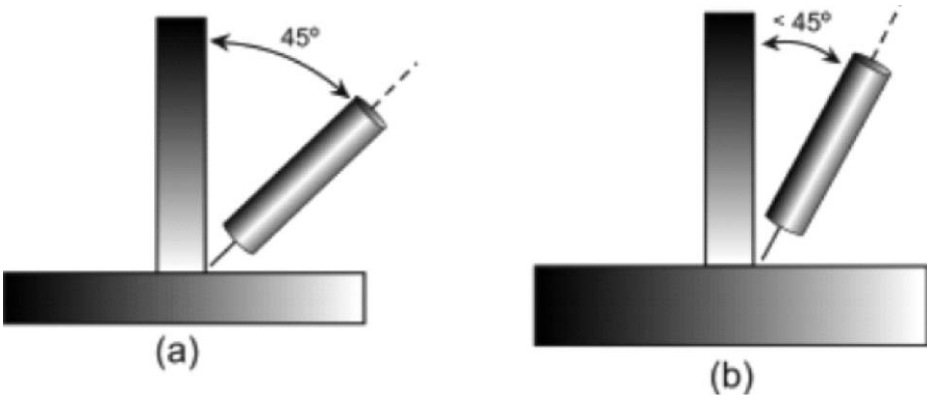


Figura 46 - Posicionamento para soldagem de juntas em "T" de chapas de mesma espessura e de chapas de espessuras diferentes

a) Chapas de mesma espessura

(b) Chapas de espessuras diferentes

• Seqüência de deposição de passes na soldagem de uma junta em "T".

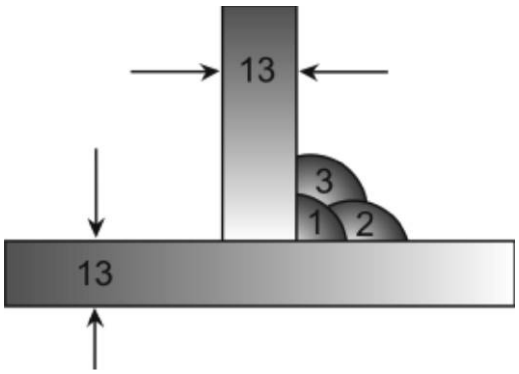


Figura 47 - Seqüência de deposição de passes na soldagem de uma junta em "T"

- **Posicionamento recomendado para a execução de uma solda de filete.**

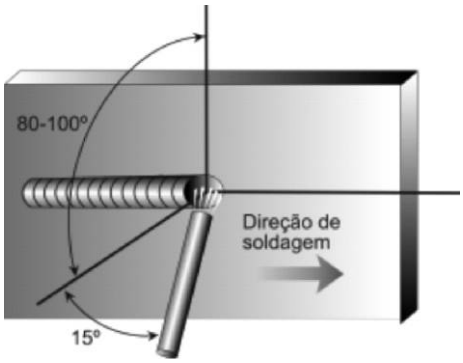


Figura 48 - Posicionamento recomendado para a execução de uma solda de filete

- **Posicionamento do eletrodo para a soldagem nas posições vertical ascendente e descendente.**

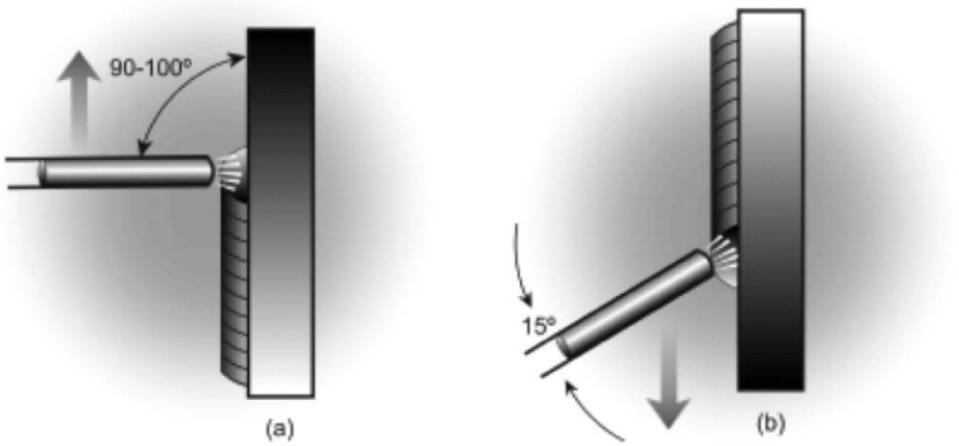


Figura 49 - Posicionamento do eletrodo para a soldagem nas posições vertical ascendente e descendente

(a) Ascendente

(b) Descendente

3.1.4 Extinção do arco

Para interromper a soldagem, o eletrodo deve ser apenas afastado da peça; e assim o arco vai se apagar. Apesar de uma operação simples, é preciso tomar alguns cuidados, como:

- para evitar a formação de uma cratera muito pronunciada, deve-se manter o eletrodo parado por algum tempo sobre a poça de fusão, permitindo o seu enchimento antes da interrupção do arco;
- para evitar desperdício, sempre que possível deve-se consumir o máximo do eletrodo, e não aproveitar apenas cerca de 25 mm do comprimento de sua parte final;
- após uma interrupção, remova e limpe a escória, pelo menos na região em que efetuava a soldagem;
- ao fim da soldagem, remova o restante da escória e inspecione a solda, visualmente, a fim de detectar possíveis descontinuidades.

3.1.5 Principais tipos e características de descontinuidades

Chama-se descontinuidade qualquer interrupção da estrutura típica de uma junta soldada.

A presença de descontinuidade em uma junta não significa que esta seja defeituosa. Essa condição depende da aplicação a ser dada ao componente, que, em geral, se encontra estabelecida em normas ou códigos de projeto. Assim, considera-se que uma junta soldada contém defeitos quando apresenta descontinuidades que não atendem às exigências de um determinado código ou norma, por exemplo.

Em geral, juntas defeituosas precisam ser reparadas ou mesmo substituídas.

As descontinuidades podem ser:

- dimensionais;
- na região da solda;
- do metal de base;
- estruturais.

Em nosso projeto de construção e montagem de oleoduto terrestre, é importante que você conheça

muito bem as descontinuidades dimensionais na região da solda, pois uma de suas tarefas será eliminá-las. Por isso, vamos examinar, de forma mais detalhada, os dois tipos.

• Descontinuidades dimensionais

Para a fabricação de uma estrutura soldada é necessário tanto a estrutura quanto a suas soldas tenham dimensões e formas similares. Uma junta que não atenda a essa exigência pode ser considerada defeituosa.

A seguir, algumas situações em que podem ocorrer:

• Distorção

É a mudança de forma da peça soldada devido a deformações térmicas do material durante a soldagem. A solução empregada para corrigir a distorção vai depender do código ou das especificações adotadas, ou mesmo dos equipamentos disponíveis.

• Preparação incorreta da junta

É a falha em produzir um chanfro, com dimensões ou formas especificadas em um desenho, ou adequadas à espessura do material e ao processo de soldagem a ser empregado. Uma falha desse tipo pode aumentar a tendência para a formação de descontinuidades, o que torna necessário corrigi-la antes da soldagem.

• Dimensão incorreta da solda

As dimensões de uma solda são especificadas para atender a um requisito de resistência mecânica.

Soldas com dimensões maiores que as especificadas aumentam as chances de distorção, além de serem desperdício de material.

A figura 50 mostra os perfis adequados de soldas de filete e suas dimensões.

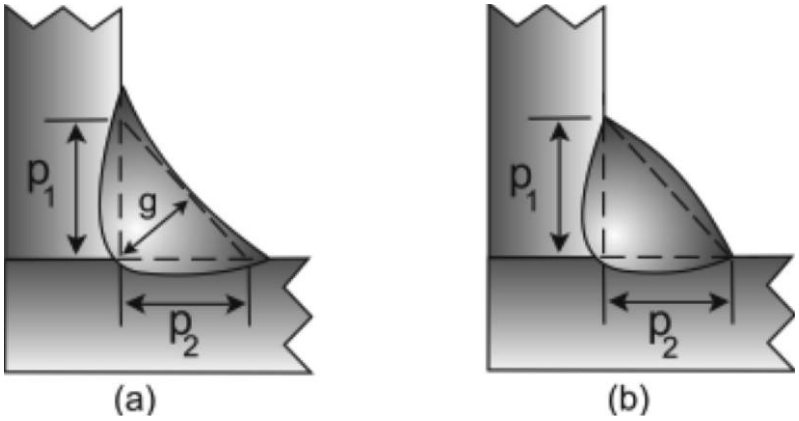


Figura 50 - Perfis adequados para soldas de filete e suas dimensões

(a) - cordão côncavo

(b) - cordão convexo.

P1 e P2 – pernas

g - garganta

3.2 Perfil incorreto de solda

3.2.1 O perfil de solda pode ser considerado incorreto quando

- facilitar a retenção de escória entre passes;
- levar ao acúmulo de resíduos;
- contribuir para que a solda tenha dimensões incorretas.

Em geral, essa forma de descontinuidade está associada a problemas operacionais, como: manipulação incorreta do eletrodo, parâmetros incorretos de soldagem, e instabilidade do processo.

As figuras mostram alguns exemplos de perfis inadequados de soldas de filete.

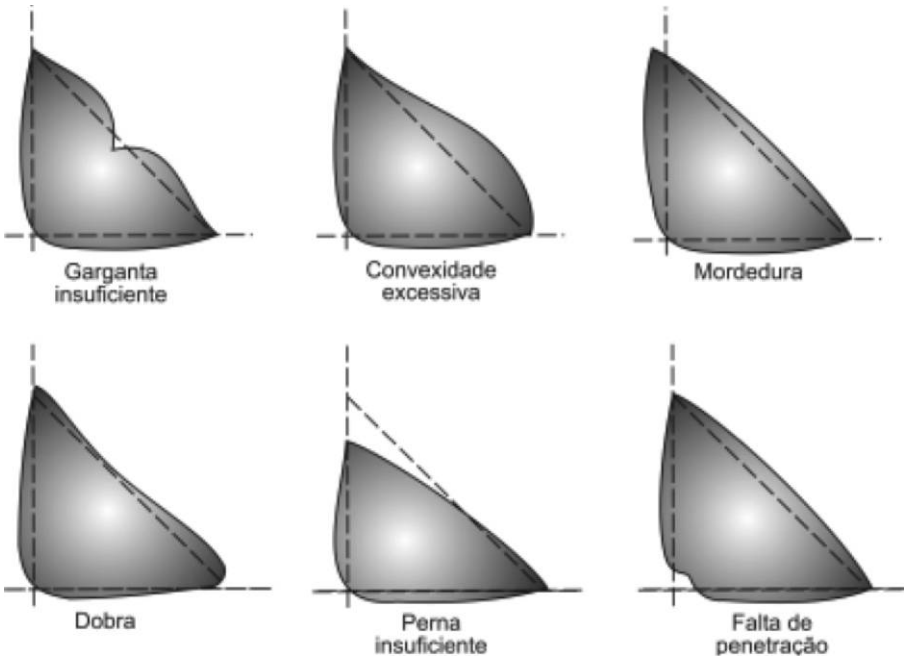


Figura 51- Perfis inadequados de solda em filete

3.2.2 Formato incorreto da junta

É a falha provocada pelo posicionamento ou dimensionamento inadequados das peças, o que pode causar distorcão, desalinhamento, embicamento, etc.

3.3 Descontinuidade na região da solda

A seguir, algumas situações que podem ocorrer nesse tipo de descontinuidade.

3.3.1 Porosidade

É formada pela evolução de gases na parte posterior da solda durante a solidificação. Os poros, em sua maioria, têm o formato esférico, embora poros alongados possam ser formados (em geral, associados com o hidrogênio).

As principais causas operacionais para a formação de porosidade são:

- contaminação com sujeiras (óleo,graxa, tinta e etc.);
- soldagem sobre oxidação na superfície do chanfro;

- umidade na superfície do chanfro;
- umidade dos consumíveis (eletrodo revestido);
- deficiência na atmosfera protetora;
- danos no revestimento;
- corrente excessiva;
- arco muito longo.

A porosidade pode estar uniformemente distribuída, agrupada (associada à abertura ou à interrupção de arco) ou alinhada.

A figura 52 mostra um esquema dos tipos de distribuição de porosidade.

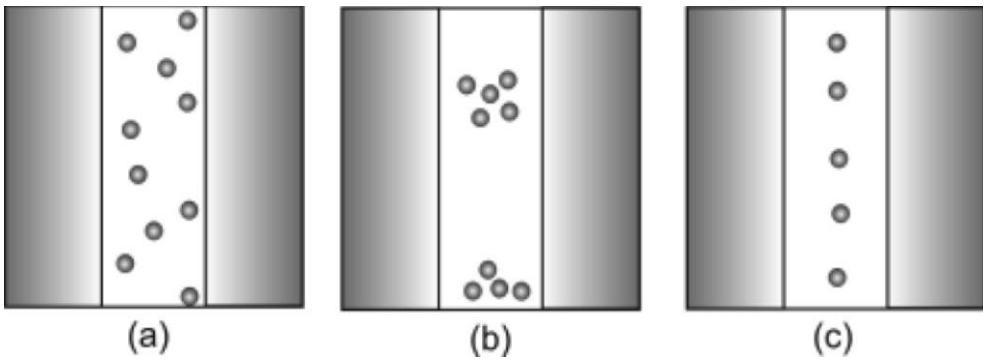


Figura 52 - Esquema dos tipos distribuição de porosidade

(a) distribuída

(b) agrupada

(c) alinhada (radiografia esquemática)

3.3.2 Inclusão de escória

Trata-se da inclusão de partículas de óxido e de outros sólidos não-metálicos, que se encontram retidos no metal de solda ou entre o metal de solda e o metal de base.

Na soldagem com vários passes, parte da escória depositada com um passe pode ser inadequadamente removida, e não ser refundida pelo passe seguinte. Diversos fatores podem dificultar a remoção da escória, inclusive a formação de cordão irregular, ou o uso de chanfro muito fechado.

A inclusão de escória pode favorecer o surgimento de trincas quando o equipamento for submetido à tensão em virtude da pressão de operação. Conforme mostra a figura 53.

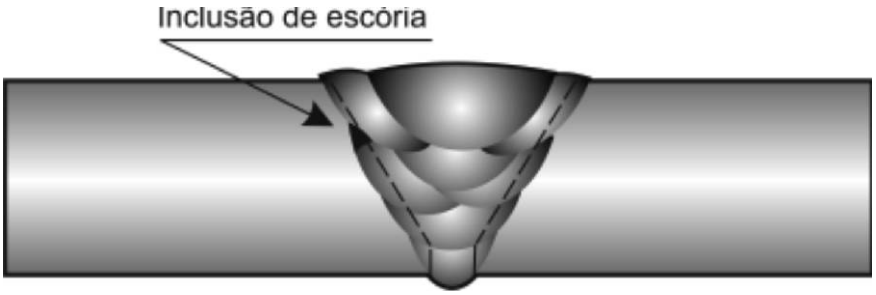


Figura 53 - Inclusão de escória

3.3.3 Falta de fusão

É a ausência de união por fusão entre passes adjacentes, ou entre o metal de solda e o metal de base. A falta de fusão é causada por:

- aquecimento inadequado do material devido à manipulação imprópria do eletrodo por parte do soldador;
- uso de energia de soldagem muito baixa;
- soldagem em chanfro muito fechado;
- falta de limpeza da junta;
- corrente muito baixa;
- velocidade de soldagem muito alta.

Assim como a inclusão de escória, a falta de fusão pode dar origem ao aparecimento de trincas em virtude da redução da seção transversal da solda submetida a esforços mecânicos.

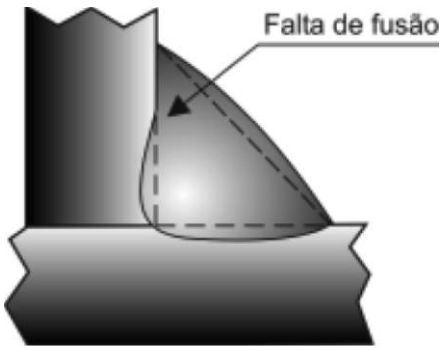


Figura 54 - Falta de fusão

3.3.4 Falta de penetração

Essa descontinuidade refere-se à falha em fundir e encher completamente a raiz da junta. Ela provoca uma diminuição da seção útil da solda, conforme mostra a figura 55.

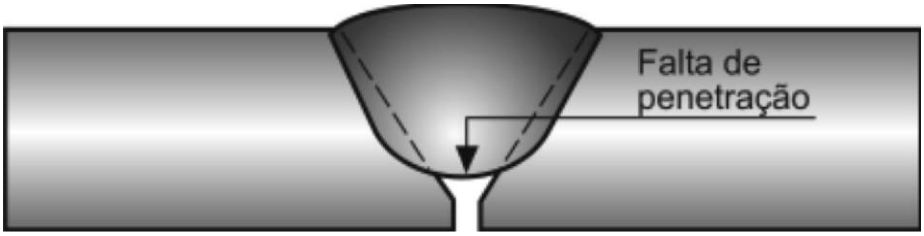


Figura 55 - Falta de penetração

As possíveis causas de uma falta de penetração são:

- manipulação incorreta do eletrodo;
- projeto inadequado da junta (ângulo do chanfro ou abertura da raiz pequenos);
- escolha de eletrodo com diâmetro muito grande para o chanfro ou raiz;
- energia baixa de soldagem.

É possível a existência de juntas projetadas para terem penetração parcial. Nesse caso, a falta de penetração não é considerada defeito, desde que mantida nos limites especificados.

3.3.6 Mordedura

É o termo empregado para descrever reentrâncias agudas, formadas pela ação da fonte de calor do arco entre um passe de solda e o metal de base, ou um outro passe adjacente, conforme mostra a figura 56.

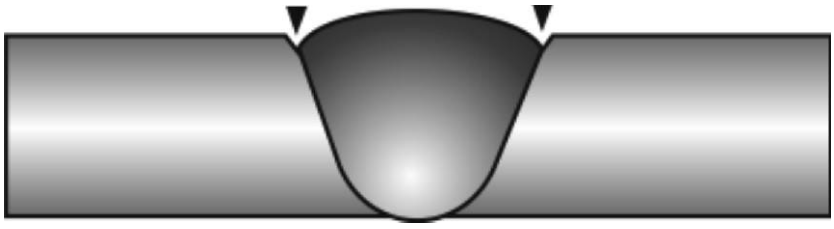


Figura 56 - Mordedura

Quando formada na última camada do cordão, a mordedura causa redução da espessura da junta e

atua como concentrador de tensões. Quando formada no interior da solda, pode ocasionar a formação de uma falta de fusão ou inclusão de escória.

3.3.7 As mordeduras podem ser causadas por

- manipulação incorreta do eletrodo;
- comprimento excessivo do arco;
- velocidade de soldagem elevada;
- corrente de soldagem elevada.

3.3.8 Trincas

Em geral, são consideradas as descontinuidades mais graves em uma junta soldada. As trincas resultam de tensões de tração sobre um material incapaz de resistir a elas devido a algum problema de fragilização. Elas podem se formar:

- durante a soldagem;
- logo após a soldagem;
- em operações posteriores à soldagem;
- durante o uso do equipamento ou estrutura.

4. EXECUÇÃO DE SOLDAGEM

4.1 Procedimentos básicos

Saber soldar é muito mais que fundir o eletrodo ou preencher uma junta. O verdadeiro soldador é aquele que possui habilidade para fazer uma solda sem defeitos e domínio do processo pelo qual executa a soldagem, além de conhecer o significado e as implicações de todos os parâmetros envolvidos na atividade.

Os procedimentos que vamos examinar são fundamentais para realizar um trabalho de qualidade. Eles podem até mesmo contribuir para a avaliação do profissional, pois através deles é possível diferenciar um bom soldador de um derretedor de eletrodos.

4.2 Equipamentos de soldagem

Antes de efetuar uma solda de responsabilidade em uma tubulação ou em outro material, a sua primeira tarefa deve ser: inspecionar os equipamentos que vai utilizar se estão em perfeito estado de funcionamento. Trata-se de um procedimento geral, aplicável a todas as situações; mas, cada equipamento exige cuidados especiais que você também deve conhecer e adotar no seu dia-a-dia.

4.3 Máquina de solda

As Indústrias adotam a prática de aferir as máquinas de solda antes de serem empregadas em qualquer trabalho. É muito provável que essa tarefa não seja realizada por você, pois um outro profissional já deve ter se encarregado de reunir todas as máquinas em boas condições a fim de torná-las disponíveis para o trabalho.

Além da aferição da máquina há um outro cuidado, ou seja, o controle da amperagem.

Trata-se de um componente crítico na regulagem de uma máquina de solda; por isso, a amperagem selecionada no controlador deve corresponder à realidade.

Para garantir essa condição uma prática comum é colocar na parte frontal das máquinas de solda uma tabela de correção para controle de amperagem. Essa tabela relaciona a amperagem selecionada no painel e o verdadeiro valor de amperagem obtido. Portanto, você deve adotá-la como guia quando for ajustar a máquina.

4.3.1 Cabos / porta-eletrodos

Adote os seguintes cuidados:

- verifique se as condições dos cabos e dos porta - eletrodos apresentam isolamento perfeito, sem falhas e sem regiões desprotegidas;
- adote medidas de segurança contra curtos-circuitos e choques, principalmente quando trabalhar dentro de equipamentos.

Cabos desprotegidos ou emendas danificadas podem causar sérios acidentes, sobretudo se estiver chovendo.

4.4 Aterramento

É importante verificar se o aterramento do equipamento em que você irá trabalhar se encontra em perfeito estado e adotar os seguintes procedimentos:

- em caso de dúvida, peça ao supervisor que providencie um eletricista, pois só ele é qualificado para trabalhar com eletricidade;
- tenha cuidado redobrado quando estiver chovendo;
- procure manter a máquina protegida sob uma cobertura e bem aterrada.

Nota: Não faça “gambiarra”, brincar com eletricidade representa alto risco.

Limpeza inicial e interpasse, o que deve fazer?

- remova irregularidades, escória do oxicorte e outros defeitos visíveis durante a soldagem;
- faça a limpeza do chanfro e das bordas com esmerilhadeira portátil, escova manual ou rotativa;
- remova os depósitos de carbono, escória e cobre resultantes do corte com eletrodos de carbono (grafite);
- remova óleo, graxa ou óxido presentes sobre a região da junta;
- não utilize ferramentas de cobre ou de ligas de cobre para a remoção de escória e limpeza, pois o cobre é um contaminante bastante nocivo;
- remova todo contaminante existente na região a ser soldada.

4.5 Consumível

O consumível também deve estar em boas condições de uso, além de apresentar identificação individual legível. Por isso, a primeira providência que você deve tomar é: inspecionar o consumível no momento em que for buscá-lo no almoxarifado.

Nota: Nunca utilize consumível sem identificação, ou quando tiver dúvida se ele corresponde ao que se encontra especificado.

4.5.1 Eletrodo revestido

São inaceitáveis as seguintes irregularidades no eletrodo revestido:

- redução localizada de espessura;
- trinca no revestimento;
- danos na ponta do arco;
- falta de aderência do revestimento;
- deficiências dimensionais de comprimento e excentricidade da alma;
- sinais de oxidação da alma.

4.6 Condições para uso

A condição ideal para manutenção do eletrodo é conservá-lo na própria lata e em temperatura acima da do ambiente.

Após a abertura da lata, para ser consumido o eletrodo necessita primeiro ser secado em uma estufa e aquecido a uma temperatura de 300°C a 350°C; em seguida, está pronto para ser utilizado.

Mas, outros cuidados ainda são necessários

- durante a soldagem, você deve mantê-lo aquecido, usando uma estufa portátil (cochicho), que deve estar funcionando perfeitamente bem, de forma a manter a temperatura entre 80°C e 150°C;
- após concluir a solda, você deve devolver ao almoxarifado todo eletrodo não utilizado. Ali ele receberá uma identificação e posto para ressecagem.

É permitida apenas uma ressecagem do eletrodo. Quando buscar o consumível no almoxarifado você deve conferir essa informação.

4.7 Identificação do eletrodo

Em geral, costuma-se pintar a face da alma do eletrodo na extremidade da ponta de pega, usando uma determinada cor, mas o tipo de identificação utilizado varia de almoxarifado para almoxarifado.

Após concluir a soldagem, o eletrodo restante no seu cochicho receberá, tão logo chegue ao almoxarifado, um sinal de cor diferente, no mesmo local do sinal anterior, indicando que ele não pode ser usado futuramente, pois já foi ressecado uma vez.

É bem provável que o eletrodo seja ressecado uma segunda vez, mas sua utilização em solda de responsabilidade não será mais permitida. Sendo assim, o almoxarifado deve cuidar para que você só receba aqueles que tiverem, no máximo, uma ressecagem.

4.7.1 Solda de ponteamento e de instalação dos dispositivos temporários de montagem

A solda de ponteamento e de instalação dos dispositivos temporários de montagem (cachorros) tem importância e responsabilidade iguais às da junta a ser soldada, pois todos os requisitos que se aplicam à junta também devem ser aplicados a ela (mesmo consumível; temperatura de preaquecimento, se for o caso; pós- aquecimento; etc.). Por isso, só deve ser feita por soldadores qualificados.

Outro detalhe importante: sempre que um dispositivo de montagem for retirado da região de solda na qual ele estava contido deve ser inspecionada e submetida a ensaios não-destrutivos.

Caso seja necessária a reposição de material para corrigir uma possível redução de espessura, a soldagem deve ser executada de acordo com uma **IEIS** (Instrução de Execução de Inspeção e Soldagem), seguindo todos os requisitos técnicos aplicáveis.

4.8 Pré-aquecimento, temperatura de interpasse e pós-aquecimento

O aquecimento pode ser feito através da aplicação de chama, por indução ou resistência elétrica.

O método mais comum é por meio de chama, mas não é considerado mais eficiente que os demais.

Os métodos por indução e por resistência elétrica são mais precisos porque possuem controladores de temperatura que se encarregam de regular os limites requeridos. Por isso, eles são os preferidos. Costumam ser empregados quando é necessário efetuar um controle rigoroso da temperatura e também em locais que oferecem facilidades para instalação de seus dispositivos.

Atualmente, o uso de aquecimento por chama só se justifica nos casos em que os outros métodos são inviáveis.

Mas qualquer que seja o método de aquecimento utilizado é sempre bom você estar de posse de um lápis de fusão, conforme veremos mais adiante. Esse é o meio mais fácil, rápido e barato para medir a temperatura que o material está sendo levado.

Conhecer as variáveis e saber medi-las é uma das obrigações do soldador e também do profissional que opera um maçarico de corte ou de aquecimento.

4.8.1 Pré-aquecimento

É a prática de aquecer a junta imediatamente antes de iniciar a soldagem. Por meio do pré-aquecimento consegue-se eliminar grande parte ou, até mesmo, toda a umidade da superfície a ser soldada.

O principal objetivo do pré-aquecimento é diminuir a velocidade de resfriamento da junta após a interrupção da soldagem. Essa prática é especialmente importante para certos tipos de material que apresentam muita facilidade em se temperar; mas nem todo material requer pré-aquecimento.

A têmpera é a operação efetuada para endurecer o aço, tal como é feito em ponta do punção, em talhadeiras, enxadas, etc. Consiste em aquecer o metal até que ele fique rubro e, em seguida, mergulhá-lo em água ou óleo frio. O material passa, então, a apresentar uma dureza muito alta. Contudo, é importante que você saiba que há materiais que se temperam apenas em contato com o ar.

O aço muito duro é também bastante frágil, sendo propenso a trincar mais facilmente.

Na soldagem, a têmpera é uma condição indesejável. Quando ela ocorre durante a soldagem, podendo estar aliada à retenção de hidrogênio pela poça de fusão, acaba muitas vezes provocando o surgimento de trincas na margens, nos cordões ou sob cordões.

Quando pré-aquecermos o material, a quantidade de calor aplicada faz com que ele demore mais a se resfriar. Com isso, diminuem-se as chances de haver têmpera.

4.8.2 Temperatura de interpasse

É a temperatura que a solda apresenta entre um passe e outro durante a soldagem.

A medida que se acrescentam mais e mais passes de solda numa junta, também mais quente ela irá se tornando.

Pois bem, quanto mais quente estiver uma junta (seja por ter sido pré-aquecida, seja por ter recebido muitos passes) maior a região adjacente que estará sofrendo influência da temperatura.

Os efeitos indesejáveis que resultam dessa condição costumam ser:

- aumento da largura da região propensa a apresentar têmpera;
- acentuação de esforços devido a restrições de dilatação, o que contribui para o surgimento de

tensões residuais.

Portanto, quando se controla a temperatura de interpasse restringimos a região propensa a sofrer tensões residuais e a desenvolver têmpera.

4.8.3 Pós-aquecimento

É a operação de aplicação de calor sobre a solda logo após ser concluída por um determinado período de tempo.

O objetivo principal é possibilitar a saída do hidrogênio atômico que ficou retido na solda enquanto esteve presente na poça de fusão durante a soldagem.

O momento do resfriamento da poça de fusão é um momento crítico, pois o metal que estava no estado líquido continha uma quantidade considerável de hidrogênio e ao passar para o estado sólido não pode reter a mesma quantidade.

O hidrogênio precisa sair, mas encontra dificuldade, pois o material solidificado quando frio retém o gás.

Deve-se, então, aquecer o material após a soldagem para que seja facilitada a saída do hidrogênio, evitando, assim, que ele venha a causar trincas quando tentar sair com a solda já fria.

Observação : Nem toda solda deve receber pós-aquecimento.

Ao concluir a solda, também é muito comum iniciar logo o tratamento térmico. Por meio dessa operação conseguimos, além da liberação do hidrogênio, aliviar as tensões residuais da junta. Porém, esse procedimento é mais complexo, e o maquinário e as pessoas envolvidas são outras; por isso, deve ser executado sob a responsabilidade do inspetor de solda.

• **Como aquecer:** O aquecimento da junta com o emprego de queimadores de bico único não é possível. Deve-se utilizar sempre um maçarico com bico do tipo chuveiro, porque permite que o calor seja

espalhado uniformemente, de modo a não causar aquecimento localizado ou superaquecimento.

O método de aquecimento por chama requer mais a sua atenção e cuidado.

• **Como medir:** Se você vai usar um lápis de fusão, é preciso saber como e onde realizar a medição.

A temperatura de preaquecimento e de pós-aquecimento devem ser medidas no metal de base, em todos os membros da junta, do lado oposto à fonte de aquecimento, a uma distância igual ou superior a 75 mm da região a ser soldada.

No caso de aquecimento com chama e quando a temperatura só pode ser medida pelo lado da fonte, o aquecimento deve ser interrompido por um minuto para cada 25 mm de espessura da peça antes da medição.

A temperatura de interpasse deve ser medida em uma região ao lado da solda, para evitar contaminação do passe seguinte pelo lápis de fusão.

• **Como escolher o lápis:** A princípio, pode parecer desnecessário tratar desse assunto; mas não é. Isso porque muitos soldadores ainda não têm o conhecimento, na hora de escolher o lápis de fusão mais adequado ao serviço é preciso conhecer o limite das temperaturas a serem controladas.

Veja alguns exemplos:

- No caso da temperatura de preaquecimento: No procedimento é estipulada a temperatura mínima que a junta deve apresentar no momento anterior ao início da soldagem.

Portanto, para controlar o alcance dessa temperatura é necessário utilizar um lápis cuja fusão ocorra a uma temperatura logo acima daquela estipulada no procedimento. Em outras palavras: se a temperatura de preaquecimento é 150°C, o lápis de fusão deve fundir-se, por exemplo, a 152°C; quando passado no devido ponto ele vai fundir.

- No caso da temperatura de interpasse: No procedimento é estipulada a temperatura máxima que a junta deve apresentar antes que um passe seguinte seja depositado sobre o imediatamente anterior. Isto significa que o lápis de fusão a ser utilizado deve ter ponto de fusão numa temperatura logo

abaixo da de interpasse. Em outras palavras: se a temperatura de interpasse é 250°C, o lápis deve ter ponto de fusão, por exemplo, a 249°C; quando passado no devido ponto não deve apresentar fusão.

5. Processo de soldagem (Tugsten Insert Gás)

O processo TIG (Tugsten Inert Gas) utiliza como fonte de calor um arco elétrico mantido entre um eletrodo não consumível de tungstênio e a peça a soldar. A proteção da região de soldagem é feita por um fluxo de gás inerte, geralmente argônio, podendo ser também uma mistura de hélio e argônio, sendo que o hélio puro é pouco usado devido ao custo. A soldagem pode ser feita com ou sem metal de adição e pode ser manual ou automática. A figura 57 ilustra o esquema do processo de soldagem TIG.

Atualmente o processo TIG é muito utilizado para passes de raiz em tubulações e na soldagem de ligas de alumínio, de magnésio, de titânio, e aços inoxidáveis, entre outros. A solda produzida é de muito boa qualidade.

Devido à sua pequena taxa de deposição (0,2 até 2 kg/h) esse processo não é geralmente empregado para juntas espessas. Entretanto quando há requerimento de alta qualidade na raiz da junta, o passe de raiz é realizado por TIG.

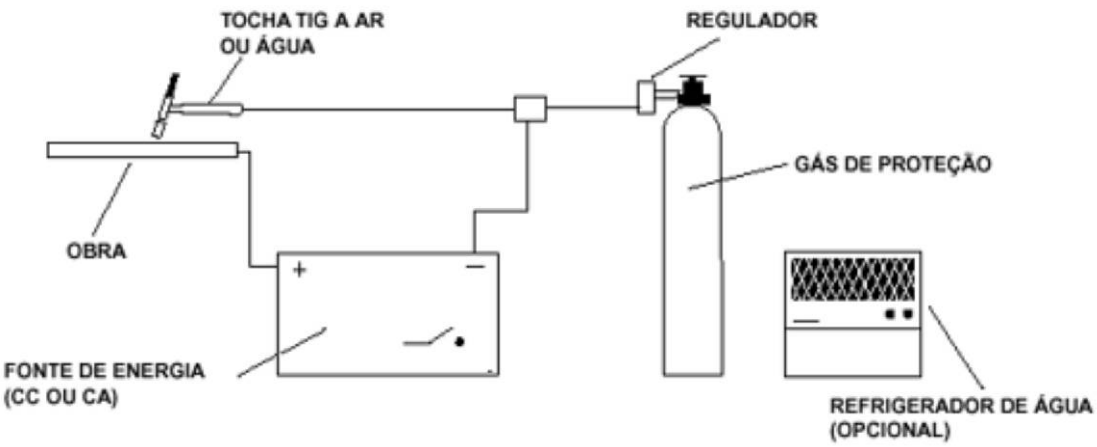


Figura 57 – Representação esquemática do processo de soldagem TIG

- **Aplicação**

O processo TIG é utilizado na soldagem de todos os tipos de juntas e chapas. É um processo adequado a quase todos os metais, em especial titânio, zircônio, ligas de alumínio e magnésio, aços ligados, inoxidáveis, ligas de níquel e ligas especiais. É um processo bastante utilizado para soldagem de

tubos, na indústria em geral e em trabalhos de manutenção devido à alta qualidade da solda e a facilidade de controle do processo, podendo ou não se utilizar metal de adição.

• Vantagens

Este processo tem a vantagem de apresentar cordões de solda de alta qualidade, sem escória e sem respingos e pode ser empregado em todas as posições e tipos de junta. Em razão de admitir um controle preciso de aporte térmico, a soldagem TIG é mais adequada para unir metais de pequena espessura, para fazer cordões em componentes sensíveis ao calor, para trabalhos de manutenção, para soldar pontos em chapas finas, solda grande parte dos materiais existentes, realiza soldagem em todas as posições, e é bastante versátil.

• Desvantagens

Baixa produtividade devido ao processo ser tipicamente manual, o que requer habilidade do soldador que é fundamental para se obter solda de qualidade aceitável; Necessita de limpeza esmerada, pois não possui revestimento que forneça elementos para limpeza da poça de fusão.

5.1 Eletrodo de tungnstênio

O eletrodo utilizado na soldagem TIG é o de tungstênio (W), que tem o maior ponto de fusão dos metais 3400 º C. Além disso, o tungstênio é chamado termo-iônico porque tem a facilidade de emitir elétrons, o que auxilia bastante a estabilidade do arco; o tungstênio pode ser puro (99%) ou com ligas de Zircônio ou Tório. Os eletrodos de tungstênio puro têm a vantagem de apresentar menor custo e menor efeito de retificação quando utilizada a corrente alternada. Por outro lado, as desvantagens são as dificuldades de abertura do arco e menor durabilidade.

• Preparação do eletrodo de tungstênio

Conforme a corrente utilizada na soldagem, bem como o diâmetro do eletrodo, é necessário fazer

uma preparação prévia da ponta do eletrodo de tungstênio. Essa preparação é feita por meio de esmerilhamento da ponta, sempre no sentido longitudinal, para facilitar o direcionamento dos elétrons. Em casos especiais, as marcas do esmerilhamento são retiradas por meio de polimento.

Na soldagem com corrente contínua, a ponta do eletrodo deve ser pontiaguda. O cone correto da ponta pode ser obtido por uma norma prática, a altura do cone deve ser duas vezes o diâmetro do eletrodo.

No caso de soldagem com corrente alternada, a ponta do eletrodo deve ser ligeiramente arredondada.

Vale ressaltar que o ângulo de afiação do eletrodo influência no tipo do cordão, ou seja, quanto menor o ângulo maior o espalhamento do cordão e menor a profundidade, sendo que o inverso é verdade. A figura 57 mostra o esquema de afiação para corrente contínua.

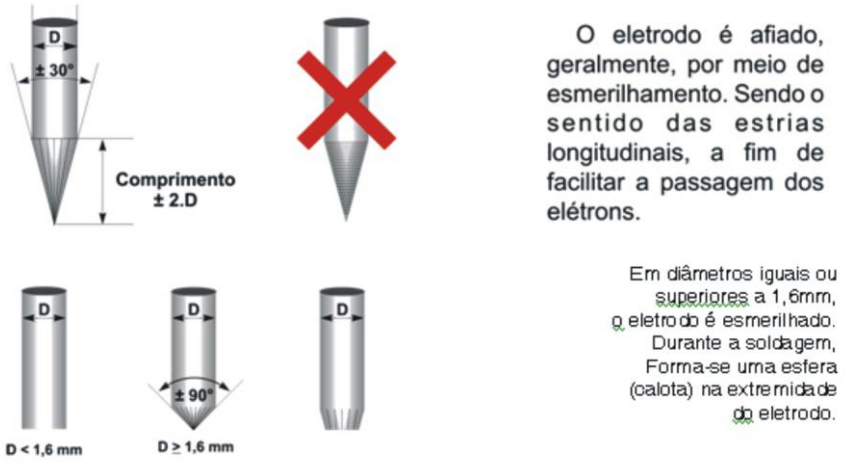

D
± 30°
Comprimento
± 2.D
O eletrodo é afiado, geralmente, por meio de esmerilhamento. Sendo o sentido das estrias longitudinais, a fim de facilitar a passagem dos elétrons.
D
D < 1,6 mm
D
± 90°
D ≥ 1,6 mm
D
Em diâmetros iguais ou superiores a 1,6mm, o eletrodo é esmerilhado. Durante a soldagem, Forma-se uma esfera (calota) na extremidade do eletrodo.

Figura 58 Esquema de afiação para corrente contínua

• Composição Química

Os elementos adicionados ao eletrodo são importantes para permitir um desempenho melhor no processo de soldagem. Os eletrodos com adição de zircônio ou tório apresentam vantagens, tais como: maior durabilidade, maior resistência com potências elevadas e melhores propriedades de ignição. Por outro lado, as desvantagens, quando se utiliza corrente alternada, são: o custo maior, maior efeito de retificação e menor estabilidade do arco.

5.2 Equipamentos

Os equipamentos básicos para a soldagem manual pelo processo TIG são os seguintes:

a) **Fonte de Energia**

Unidade de alta freqüência (especialmente para aplicação com corrente alternada). Responsável pela transformação da corrente da rede em corrente de soldagem, pela redução da tensão da rede em tensão de soldagem e pelo aumento de intensidade da corrente da rede para intensidade de corrente de soldagem. Corrente da rede em corrente de soldagem, pela redução da tensão da rede em tensão de soldagem e pelo aumento de intensidade da corrente da rede para intensidade de corrente de soldagem;

b) **Cilindro de gás de proteção**

Tem a finalidade de acondicionar o gás de proteção adequado para soldagem;

c) **Válvula reguladora de pressão**

Tem a função de reduzir a pressão do cilindro para a pressão de trabalho no circuito de soldagem;

d) **Fluxômetro**

Tem a função de regular a vazão do gás de proteção no circuito de soldagem;

e) **Tocha de soldagem**

No processo TIG a fonte de energia é sempre de corrente constante, podendo ser um gerador, retificador ou transformador, dependendo do metal a ser soldado. As tochas de soldagem suportam o eletrodo de tungstênio não consumível e conduzem o gás de proteção até o arco. A tocha TIG pode ser refrigerada por ar ou água, dependendo da corrente de soldagem utilizada.

As tochas refrigeradas a gás são mantidas na temperatura adequada pelo efeito de resfriamento do próprio gás de proteção. Estas tochas são limitadas a corrente máxima de cerca de 200A. Já as tochas refrigeradas à água, promovem a circulação de água, normalmente em circuito fechado, para refrigeração. Desta forma, pode-se dispor de tochas que suportam correntes de até 1000A. A tocha refrigerada à água é a mais empregada em equipamentos automatizados de GTAW. As tochas ainda se dispõem de alguns acessórios indispensáveis ao seu bom funcionamento. São eles:

- **Bocais:** o gás de proteção é dirigido para a zona de soldagem por bocais fixados na extremidade das tochas. O objetivo da utilização é produzir um fluxo laminar do gás de proteção. Podem ser fabricados de material cerâmico, metais, metais revestidos com cerâmicos, quartzo fundido e outros materiais. Os aspectos mais importantes são as suas dimensões e perfis, devem ser largos o suficiente para prover cobertura da área de soldagem pelo gás e devem estar de acordo com o volume e a densidade necessária do gás no processo. Os bocais devem ser largos o suficiente para prover cobertura da área de soldagem pelo gás e devem estar de acordo com o volume e a densidade necessária do gás no processo. Se a vazão do gás for excessiva para um determinado diâmetro a eficiência da proteção é afetada devido a turbulência. Vazões mais altas, sem este efeito de turbulência, requerem maiores diâmetro, condições estas, essenciais para altas correntes.
- **Pinças:** eletrodos de vários tamanhos são fixados apropriadamente na pinça do bocal. Um bom contato entre o eletrodo e a parte interna da pinça é essencial para uma transmissão correta da corrente e refrigeração do eletrodo.

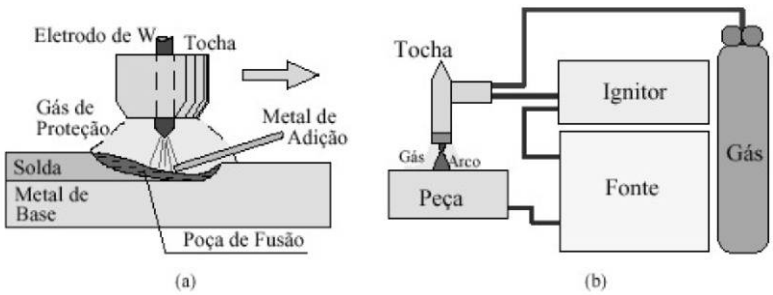


Figura 59 - (a) Região do arco; (b) Equipamento do processo TIG

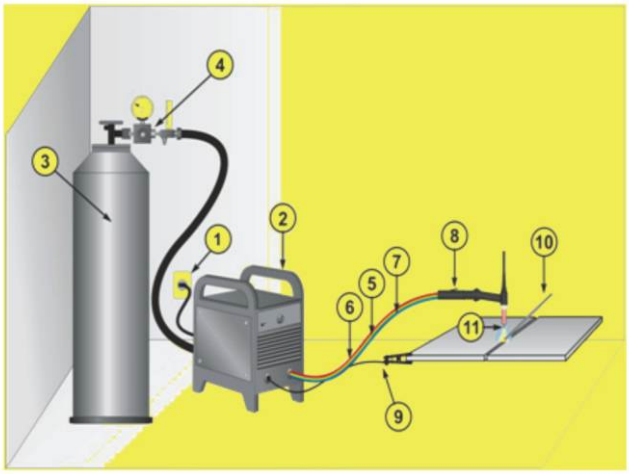


Figura 60 – Sistema para soldagem TIG

Sendo:

1 – Tomada de alimentação primária

2 – Fonte de energia

3 – Cilindro de gás de proteção

4 – Válvula reguladora de pressão com manômetro e fluxímetro de coluna

5 – Cabo de alimentação

6 – Sistema de Refrigeração

7 – Duto do gás de proteção

8 – Tocha de soldagem

9 – Grampo com cabo obra

10 – Vareta de adição

11 – Eletrodo de tungstênio não consumível

5.3 Técnicas de soldagem pelo processo TIG

Quando utilizado o processo TIG manualmente, o eletrodo não deve tocar a peça (em curto circuito) para iniciar o arco, pois o toque do eletrodo na peça pode provocar inclusões de tungstênio no metal de solda, além de diminuir (em muito), sua vida útil. Entretanto, há um específico sistema para

abertura do arco, sem toque do eletrodo na peça.

A abertura do arco deve ser feita com a tocha em ângulo de 60º da horizontal, na direção oposta à soldagem, com uma distância ao redor de 15mm da ponta do eletrodo ao metal-base. Abaixa-se, então, a tocha até uma distância ao redor de 5mm para abrir o arco com alta freqüência, caso não haja este recurso, aproxima-se ainda mais o eletrodo, tendo cuidado de não tocar o metal-base e, conseqüentemente contaminá-lo.

O metal de adição deve estar envolvido pela proteção gasosa, porém não deve tocar o eletrodo de tungstênio para evitar contaminação. O soldador deve aguardar a formação da poça de fusão para iniciar efetivamente a soldagem.

5.3.1 Limpeza dos tubos

A limpeza é um fator de grande importância, quando se pretende obter soldas de boa qualidade e de altas propriedades mecânicas.

Prepare os tubos fazendo uma limpeza prévia nas partes interna e externa com uma escova de aço ou maquita de rebolo (pirulito).

PRECAUÇÃO: Use óculos de segurança ou protetor facial.

OBSERVAÇÃO**:** Os tubos não devem conter óleo, graxa, tinta e outras impurezas que possam prejudicar a qualidade da solda.

- **Acessórios para limpeza**

Antes de soldar o tubo, é necessário providenciar sua limpeza.

Os acessórios utilizados na limpeza são:

- Escova de aço

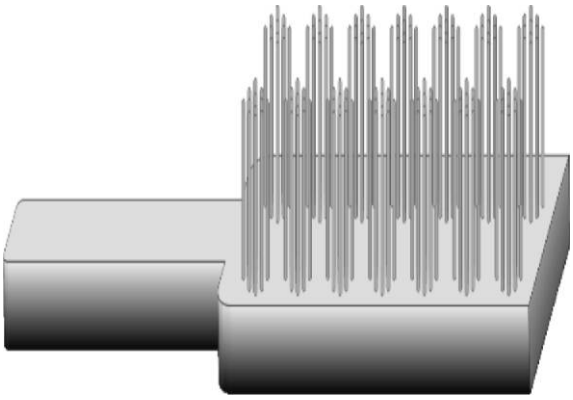


Figura 61 - Escova de aço

- **Picadeira**

É a ferramenta apropriada para a retirada de escória depois da soldagem e outras funções.

Figura 62 - Escova de aço

- **Esmerilhadora portátil**

É utilizada no desbaste do excesso de material na soldagem, em trabalhos de montagens e na preparação de unhas durante a soldagem.

Figura 63 – Esmerilhadeira Portátil

OBSERVAÇÃO: Use óculos de segurança ou protetor facial

5.3.2 Posicionamento e soldagem de tubos

Posicione o tubo no gabarito de montagem, dê um afastamento entre o nariz de chanfro, conforme o procedimento desejado, e com a orientação do docente coloque calibre, verificando se o afastamento está de acordo com o procedimento.

OBSERVAÇÃO: O calibre pode ser uma vareta de solda ou outro tipo. Verifique se o alinhamento está correto. O afastamento entre os tubos deverá estar de acordo com a escala do tubo e com o tipo do material de base que será soldado, segundo as normas nacionais e internacionais.

- **Ponteamento**

Solda destinada a manter membros de uma junta adequadamente alinhados até a conclusão da soldagem.

Antes de executar o ponteamento, você deverá verificar se:

- a fonte de energia está funcionando adequadamente;
- a polaridade está correta;
- o número do filtro da máscara está de acordo com a amperagem selecionada; e
- os cabos da tocha de soldagem e do cabo-obra estão em condições de uso.

Posicione os tubos no gabarito de montagem, dê um afastamento entre os narizes de chanfro, conforme o procedimento e orientação do docente.

Coloque entre os narizes um calibre e verifique se o afastamento está correto e conforme o procedimento de soldagem.

Antes de executar os pontos verifique:

- se o ângulo do eletrodo de tungstênio está afiado de acordo com o tipo de corrente e polaridade;
- se o número do filtro da máscara está de acordo com a amperagem selecionada;
- se o diâmetro interno do bocal é adequado para dar proteção à poça de fusão.

Para o ponteamento deve-se proceder como segue:

- se usar metal de adição para o passe de raiz, usá-lo também para os pontos.

Junta com chanfro em “V”, tubos e chapas com afastamento requerem metal de adição para o passe de raiz e para os pontos. Estes pontos devem ser de médio comprimento e finos, os quais possam ser fundidos, quando do passe de raiz.

No caso de não ter acesso para fazer a unha:

- execute de 3 a 4 pontos ou coloque gabarito de fixação (cachorro);
- limpe os pontos com escova de aço e faça unha em cada extremidade dos pontos utilizando esmerilhadeira portátil.

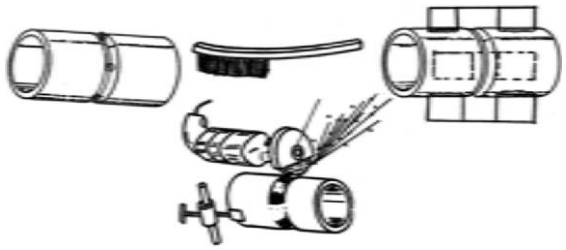


Figura 64 – Preparação da unha

PRECAUÇÃO: Use óculos de segurança

5.3.3 Passe de raiz para posição 5G

Posicione o tubo no suporte de fixação a uma altura de um metro (1m) do solo, aproximadamente. Incline a tocha fazendo com que o eletrodo de tungstênio seja apontado a 1,5mm (milímetro) do centro da junta para um dos lados da face de chanfro para evitar uma queda do metal em fusão durante o passe. Num passe de raiz na posição sobre cabeça, o eletrodo de tungstênio é apontado diretamente no ângulo

formado pelos tubos. A tocha deve formar um ângulo de 10 a 15º em relação à direção do avanço da soldagem. O metal é adicionado na face do nariz do chanfro.

Se usar oscilação, deve-se parar em cada margem da solda para permitir a fusão das bordas e eliminar outros inconvenientes relativos à soldagem.

OBSERVAÇÃO:

A vareta deve estar entre o afastamento do nariz de chanfro na parte interna do tubo.

Posição múltipla 5G (horizontal fixa): os tubos são colocados com os seus eixos no plano horizontal e os chanfros no plano vertical, não sendo girados durante a soldagem.

O avanço da vareta na direção à soldagem é feito pela parte interna do tubo.

No processo de soldagem TIG, utilizamos tanto a mão direita como a mão esquerda em função da dificuldade de acesso à junção da junta.

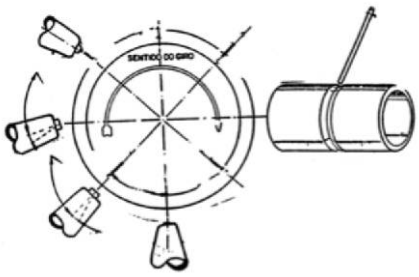


Figura 65 - Sentido da soldagem

5.3.3.1 Enchimento e acabamento para a posição 5G

As técnicas mais utilizadas nos processos de soldagem são:

- passes oscilantes - para enchimento;
- passes estreitos - (filetes) acabamento.

- **Enchimento**

O movimento da tocha se faz da zona de ligação, passa pela zona fundida, retorna à zona de ligação, dando uma parada em cada extremidade da margem de solda de 1 e 2 segundos, aproximadamente.

- **Acabamento**

Os passes de acabamento serão executados em passes estreitos (filete). Este procedimento é adequado na soldagem de refinaria de petróleo, de estrutura metálica e em outros procedimentos que exigem a regeneração estrutural na solda.

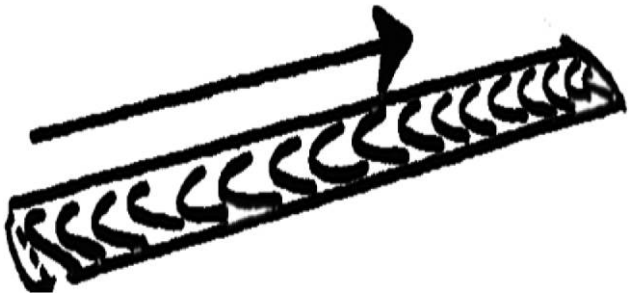


Figura 66 Acabamento

OBSERVAÇÃO:

O ângulo da tocha permanece igual aos passes de raiz e enchimento.

Posição múltipla 5G (horizontal fixa): os tubos são colocados com os seus eixos no plano horizontal, e os chanfros, no plano vertical, não sendo girados durante a soldagem.

Existem procedimentos que exigem gás de purga no passe de raiz para evitar descontinuidade interna da solda.Esta seqüência de soldagem resulta em menos falhas e inclusões, melhor controle da poça de fusão, maior penetração, obtendo-se soldas de mais alta resistência.

OBSERVAÇÃO: Tocha na mão direita, vareta na mão esquerda.

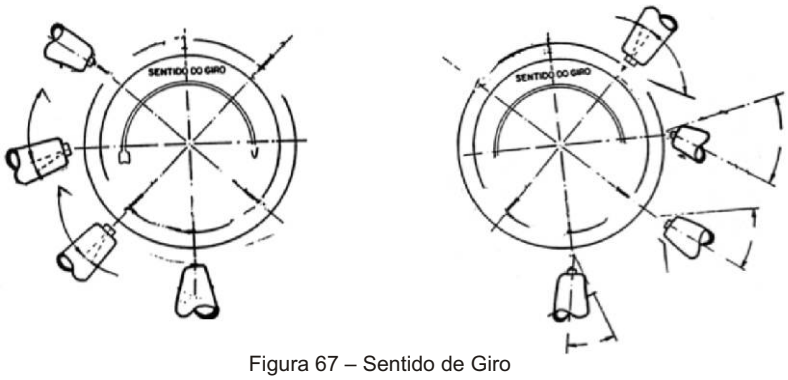


Figura 67 – Sentido de Giro

Existem procedimentos que exigem gás de purga no passe de raiz para evitar descontinuidade interna da solda.

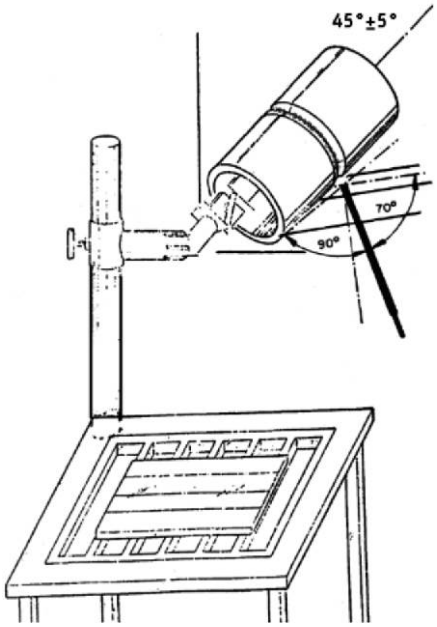


Figura 68 Bancada de Soldagem

5.3.4 Passe de raiz para a posição 6G

Posicione o tubo no suporte de fixação a uma altura de um metro (1m) do solo, aproximadamente. Incline a tocha fazendo com que o eletrodo de tungstênio seja apontado a 1,5mm (milímetro) do centro da junta para um dos lados da face de chanfro, para evitar uma queda do metal em fusão durante o passe. Num passe de raiz na posição sobre cabeça, o eletrodo de tungstênio é apontado diretamente para o ângulo formado pelos tubos. A tocha deve formar um ângulo de 10 a 15º em relação à direção do avançado da soldagem. O metal é adicionado na face do nariz do chanfro.

Se usar oscilação, parar em cada margem da solda para permitir a fusão das bordas e eliminar outros inconvenientes relativos à soldagem.

OBSERVAÇÃO: A vareta deve estar entre o afastamento do nariz de chanfro na parte interna do tubo.

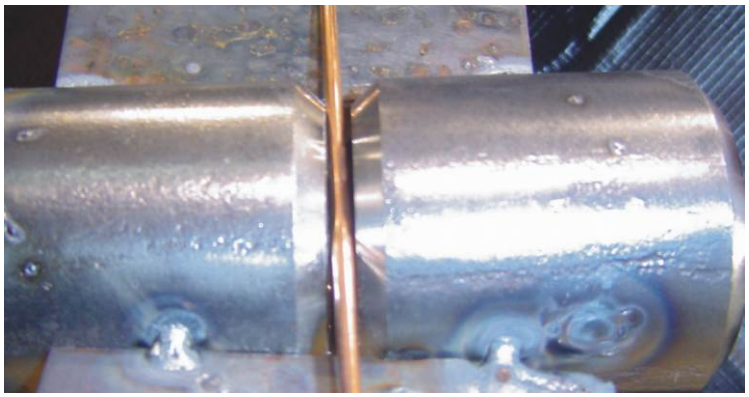
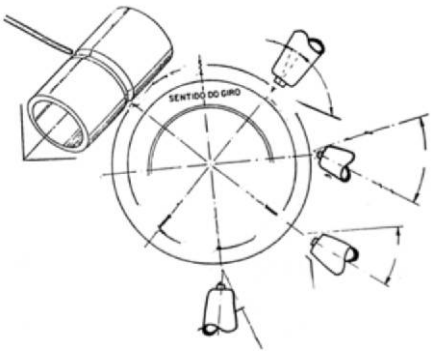


Figura 69 – Afastamento dos tubos

Nota: O avanço da vareta em direção à soldagem é feito pela parte interna do tubo, entre as faces dos biseis da raiz.

No processo de soldagem TIG, utilizamos tanto a mão direita como a mão esquerda em função da dificuldade de acesso à junção da junta.

Vareta na mão esquerda



Vareta na mão direita

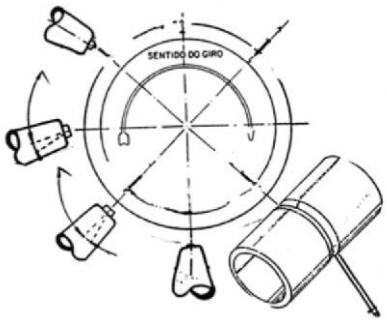


Figura 70 Sentido de execução

5.3.5 Enchimento

No enchimento do tubo, os passes são executados somente com passes estreitos (filetes). Executa-se o primeiro passe na parte inferior da face de chanfro. O segundo passe deverá sobrepor 1/3 do primeiro. O terceiro passe deverá sobrepor o segundo passe em 1/3.

Para realizar esse procedimento é necessário fazer a limpeza em cada passe executado.

PRECAUÇÃO: Use óculos de segurança.

Nota: Posição múltipla 6G (inclinada): os tubos são colocados com os seus eixos inclinados em 45º em relação ao plano horizontal, não sendo girados durante a soldagem.

Figura 71 – Tubo posicionado na posição 6G

5.3.6 Acabamento

Os passes de acabamento serão executados passes estreitos (filete). Este procedimento é adequado à posição 6G. É muito aplicado na soldagem de tubulação em refinaria de petróleo.

OBSERVAÇÃO:

O ângulo da tocha permanece igual aos passes de raiz e enchimento.

Existem procedimentos que exigem gás de purga no passe de raiz para evitar descontinuidade interna da solda.

5.3.7 Descontinuidades mais comuns

- **Porosidade**

Causas predominantes: inclinação excessiva da tocha de soldagem, penetração de água na zona

de soldagem, turbilhonamento de gás, impurezas no eletrodo e material de base, gás insuficiente para proteção da poça de fusão, gás excessivo na proteção da poça de fusão, corrente de ar atmosférico na zona de soldagem, bocal pequeno e bocal muito afastado da zona de soldagem.

As descontinuidades que ocorrem neste processo são basicamente as mesmas, citadas no processo eletrodo revestido, com algumas poucas diferenças como:

- Não há inclusão de escória;
- Há inclusão de tungstênio, devido à contaminação do eletrodo ou uso de polaridade inadequada;
- A exigência de limpeza neste processo é muito maior, pois não há revestimento (como nos eletrodos) para fornecer elementos purificadores e escorificantes da poça de fusão.

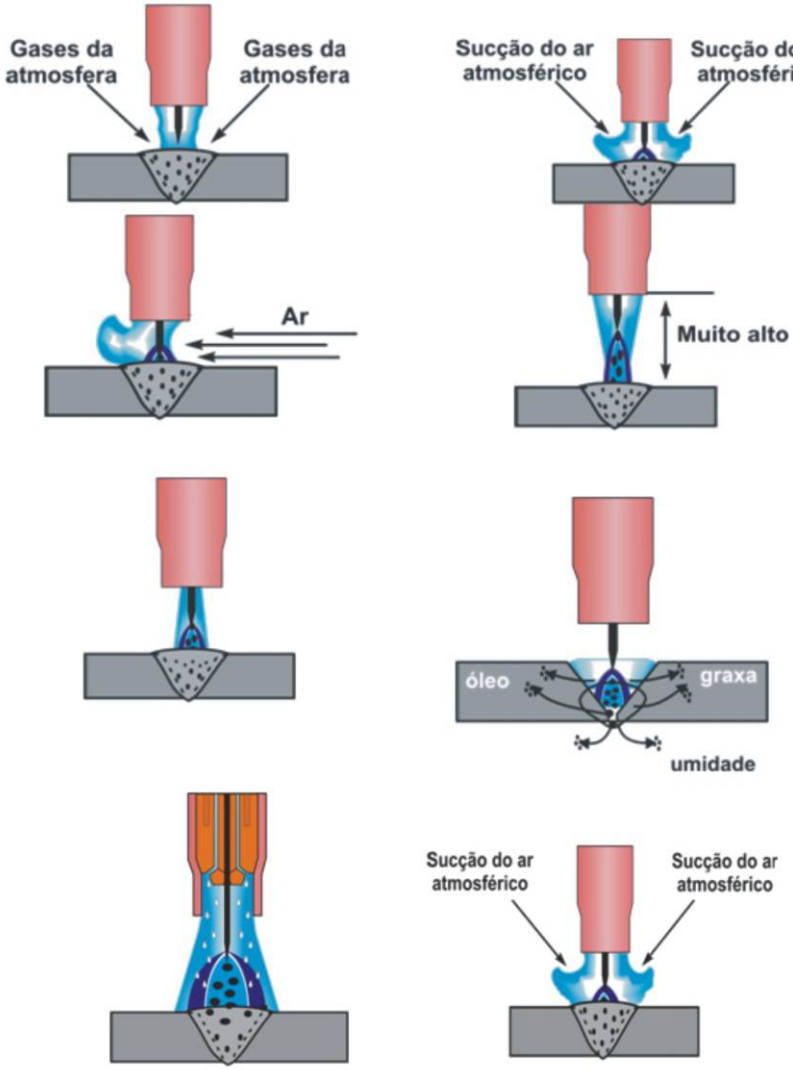


Figura 72 - Causas predominante de porosidade

- **Inclusões metálicas**

Causas predominantes: contato do eletrodo não consumível de tungstênio com a poça de fusão, contato do eletrodo com a vareta, sobrecarga no eletrodo ligado em polaridade positiva em corrente alternada e sobrecarga no eletrodo ligado em corrente alternada (ver figura 17).

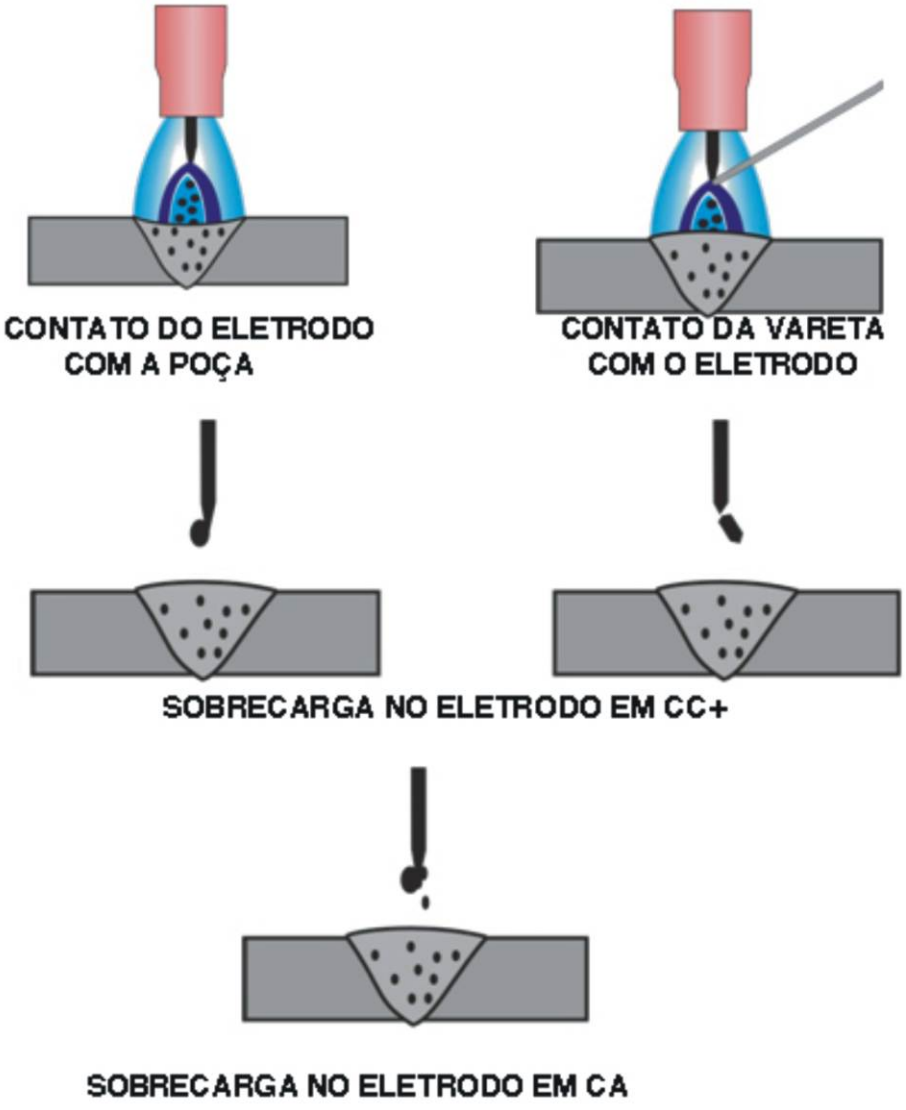


Figura 73 - Causas predominantes de inclusão metálica

- **Inclusão de óxidos**

Causas predominantes: faces do chanfro oxidadas, vareta oxidada, limpeza inadequada entre chanfros, retirada da vareta aquecida da zona de proteção durante o movimento de alimentação (ver figura 18).

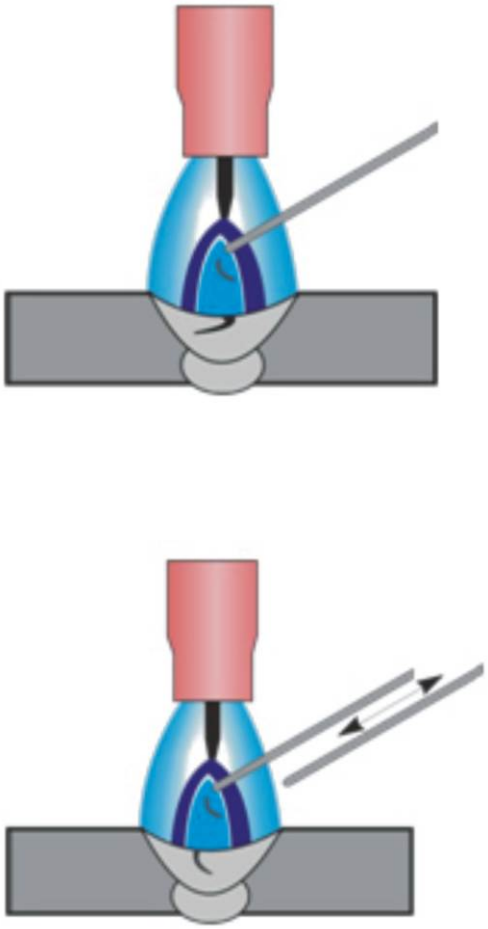


Figura 74 - Inclusão de óxidos

- **Trincas**

Causas predominantes: material de base de má soldabilidade, inclusão de hidrogênio e deformação excessiva (ver figura 19).

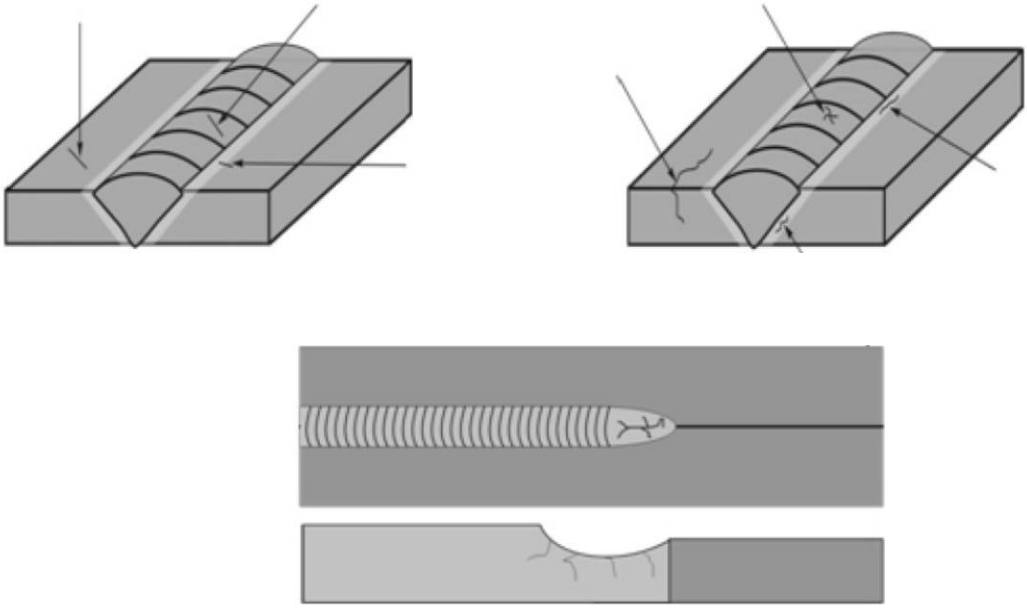


Figura 75 - Trinca

5.4 Consumíveis de soldagem

Neste módulo serão detalhados os consumíveis utilizados nos principais processos de soldagem que estudamos.

5.4.1 Introdução

Consumíveis são todos os materiais utilizados na deposição ou na proteção da solda.

Portanto é importante entender que além dos metais de adição (eletrodos, arames e varetas), são também considerados consumíveis os gases de proteção e fluxos.

5.4.2 Gases de proteção

Em soldagem são utilizados basicamente 02 tipos de gases de proteção:

- **Gases inertes** – que são aqueles que apenas protegem a poça de fusão, não tendo qualquer reação com o metal de solda. Ex. Argônio e Hélio;
- **Gases ativos** – que são aqueles que além de protegerem a poça de fusão, reagem de alguma forma com o metal de solda podendo alterar as propriedades mecânicas do mesmo. Ex. CO_2 e misturas de CO_2.

- **Gases Inertes**

-Argônio

No Brasil, o Argônio é utilizado em praticamente todas as aplicações em que se necessita deste tipo de gás (processos TIG, Mig, eletrogás). O motivo é que o custo é menor que o do gás Hélio.

O argônio é obtido na atmosfera através da liquefação do ar e sua posterior vaporização. Neste processo consegue-se um grau de pureza de 99,99%.

O argônio puro (99,99%) é utilizado na soldagem de não ferrosos e aço inoxidável, não sendo é utilizado na soldagem dos aços carbono e baixa liga devido à baixa fluidez da poça de fusão

gerada e a não haver a necessidade de utilização de um gás inerte, o que barateia o processo.

Características do Argônio (comparado com o Hélio):

- Boa estabilidade do arco;
- Maior facilidade de abertura do arco;
- Menor consumo (para uma mesma soldagem);
- Menor custo;
- Menores tensões de arco (menor energia de soldagem);
- Menor penetração;
- Melhor efeito de limpeza de óxidos na soldagem com corrente alternada.

• Gases Ativos

O gás ativo utilizado é basicamente o CO2 e misturas de CO2 + Argônio ou na mistura tríplice CO2 + Argônio + Oxigênio. Cada uma destas misturas influi na estabilidade do arco, transferência de metas no arco, aquecimento da poça de fusão, largura de cordão e profundidade de penetração.

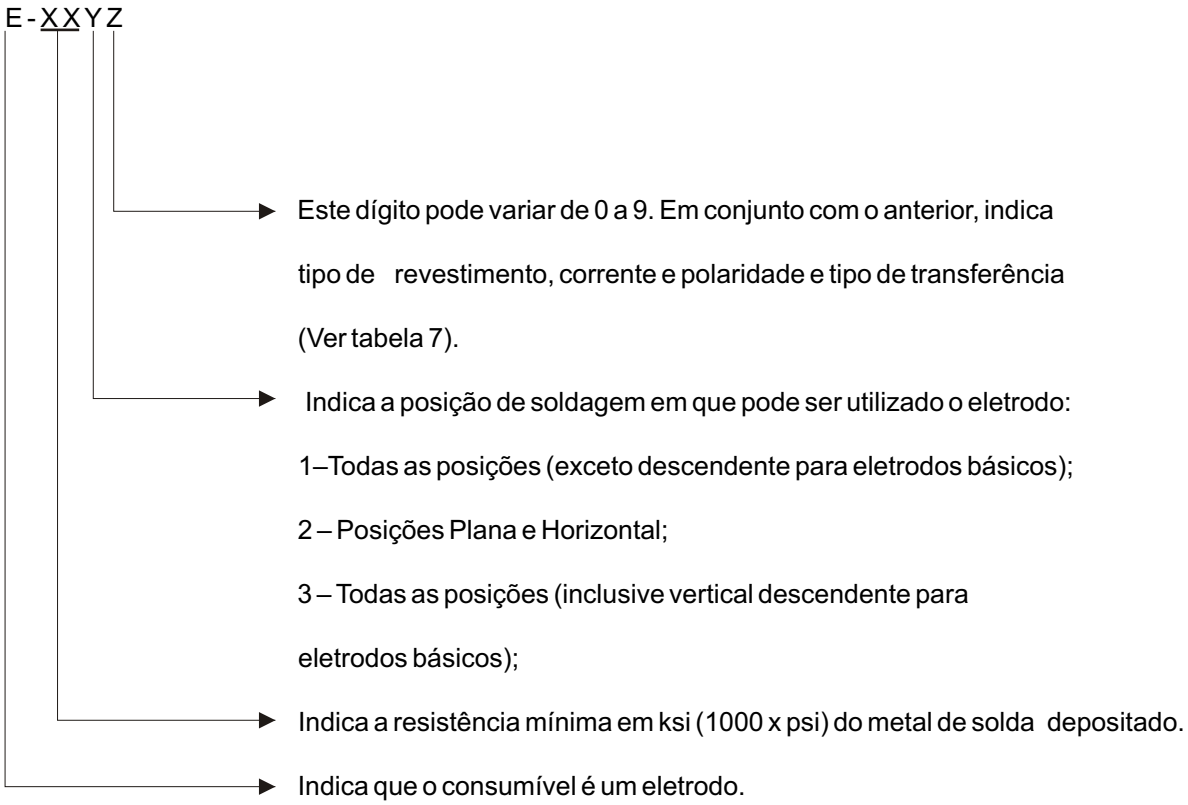
5.5 Metais de adição

Os metais de adição apresentados neste módulo terão a classificação AWS – American Welding Society.

5.5.1 Eletrodos revestidos para aço carbono

Classificação AWS

Os eletrodos têm o seguinte sistema de identificação:


E - XXYZ
Este dígito pode variar de 0 a 9. Em conjunto com o anterior, indica tipo de revestimento, corrente e polaridade e tipo de transferência (Ver tabela 7).
Indica a posição de soldagem em que pode ser utilizado o eletrodo:
1–Todas as posições (exceto descendente para eletrodos básicos);
2 – Posições Plana e Horizontal;
3 – Todas as posições (inclusive vertical descendente para eletrodos básicos);
Indica a resistência mínima em ksi (1000 x psi) do metal de solda depositado.
Indica que o consumível é um eletrodo.

Exemplo: **E - 7018**

E – Eletrodo

70 – Resistência mínima de 70.000 psi (ou 70ksi)

1 – Soldagem em todas as posições

1+ 8 – Ver tabela 1 na próxima página

Tabela 4 – Significado da combinação do 3° e 4° digíto para classificação de especificação AWS 5.1.91 e AWS 5.5 - 86

	10	11	12	13	14	15	16	18	19	20	22	24	27	28	48
Tipo de corrente	CC+	CA CC+	CA CC-	CA CC +/-	CA CC +/-	CC+	CC+ CA	CC+ CA	CA CC +/-	CA CC +/-	CA CC-	CA CC +/-	CA CC +/-	CC+ CA	CC+ CA
Tipo de arco de e Transferência	Forte com Salpicos spray	Forte com Salpicos spray	Médio poucos Salpicos spray	Suave sem Salpicos spray	Suave sem Salpicos spray	Médios poucos Salpicos globular	Médios poucos Salpicos globular	Médios poucos Salpicos globular	Suave sem Salpicos spray	Suave sem Salpicos spray	Suave sem Salpicos spray	Suave sem Salpicos spray	Suave sem Salpicos spray	Médios sem Salpicos	Médios pouco Salpicos globular
Penetração	Profunda	Profunda	Média	Pouca	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Média	Alta	Média	Média
Tipo de Revestimento	Celulósico com Silicato de Na	Celulósico com Silicato de K	Rutílico com Silicato de Na	Rutílico com Silicato de K	Rutílico com Silicato de K e 25-40% de Pó de ferro	Básico com Silicato de Na	Básico com Silicato de K	Básico com Silicato de Na e 25-40% de Pó de ferro	Rutílico com Silicato de K	Ácido com Silicato de K	Ácido com Silicato de K	Rutílico com Silicato de K e 50% de Pó de ferro	Ácido com Silicato de K e 50% de Pó de ferro	Básico com Silicato de K e 50% de Pó de ferro	Básico com Silicato de Na e 25-40% de Pó de ferro
Teor de Hidrogênio	Alto 20ml/100g	Alto 20ml/100g	Médio 15ml/100g	Médio 15ml/100g	Médio 15ml/100g	Baixo 2ml/10 0g	Baixo 2ml/10 0g	Baixo 2ml/10 0g	Médio 15ml/100g	Médio 15ml/100g	Médio 15ml/100g	Médio 15ml/100g	Médio 15ml/100g	Baixo 2ml/10 0g	Baixo 2ml/10 0g

- **Tipos de eletrodos**

Quanto ao tipo de revestimento, classificam-se em:

- Ácidos

- Rutílicos;

- Celulósicos;

- Básicos.

a) **Ácidos** – é um tipo de revestimento que se caracteriza por gerar depósitos com boas propriedades mecânicas, porém com suscetibilidade à trincas. É um tipo de revestimento de rara utilização na soldagem de caldeiraria. São consumíveis identificados na forma E-XX19 ou E-XX29.

b) **Rutílicos** – É um tipo de revestimento que possui alta porcentagem de TiO_2 (dióxido de Titânio ou Rutilo). Tem como característica gerar um arco elétrico de fácil abertura e grande estabilidade, capaz de soldar em todas as posições e manuseio fáceis durante a soldagem. Tem grande utilização na indústria de serralheria (fabricação de grades e portões). São identificados na forma E-XX12 e E-XX13, sendo o E-6013 o mais conhecido.

C) **Celulósicos** - Este tipo de revestimento é basicamente constituído por matéria orgânicas, principalmente celulose e tem como característica principal uma alta penetração e adequá-se à soldagem em todas as posições. São identificados na forma E-XX10 e E-XX11, sendo o mais conhecido o E-6010, que tem larga utilização na soldagem de oleodutos e gasodutos.

d) **Básicos** – é um tipo de revestimento constituído por elementos calcáreos e ferro liga. São consumíveis que apresentam ótimas propriedades mecânicas, inclusive à baixas temperaturas. Podem apresentar pó de ferro no revestimento para aumentar o seu rendimento. Este tipo de revestimento absorve umidade com grande facilidade, o que requer cuidados de secagem antes do seu uso. É um eletrodo de difícil manuseio necessitando que o soldador tenha uma boa habilidade.

Devido as boas propriedades mecânicas, é o eletrodo mais utilizado para serviços de grande responsabilidade, como fabricação de vasos de pressão e caldeira.

São identificados na forma E-XXY5 ou E-XXY6 ou E-XXY8, sendo o mais conhecido o E-7018.

5.5.2 Eletrodos revestidos para aços baixa liga

Classificação AWS

São identificados da mesma maneira que os eletrodos para aço carbono adicionados de um sufixo (uma letra e um número) como apresentado abaixo:

E – XXYZ - KW

O 1º dígito(K) é representado por uma letra, que indica o tipo de elemento de liga do eletrodo (ver tabela 8); o 2º dígito é representado por um número que indica a variação do elemento de liga na composição química do eletrodo (ver tabela 8).

Ex. E-8018-B2 – B representa que o elementos de liga é Cromo-Molibidênio e o 2 indica determina composição química. (Ver tabela 8)

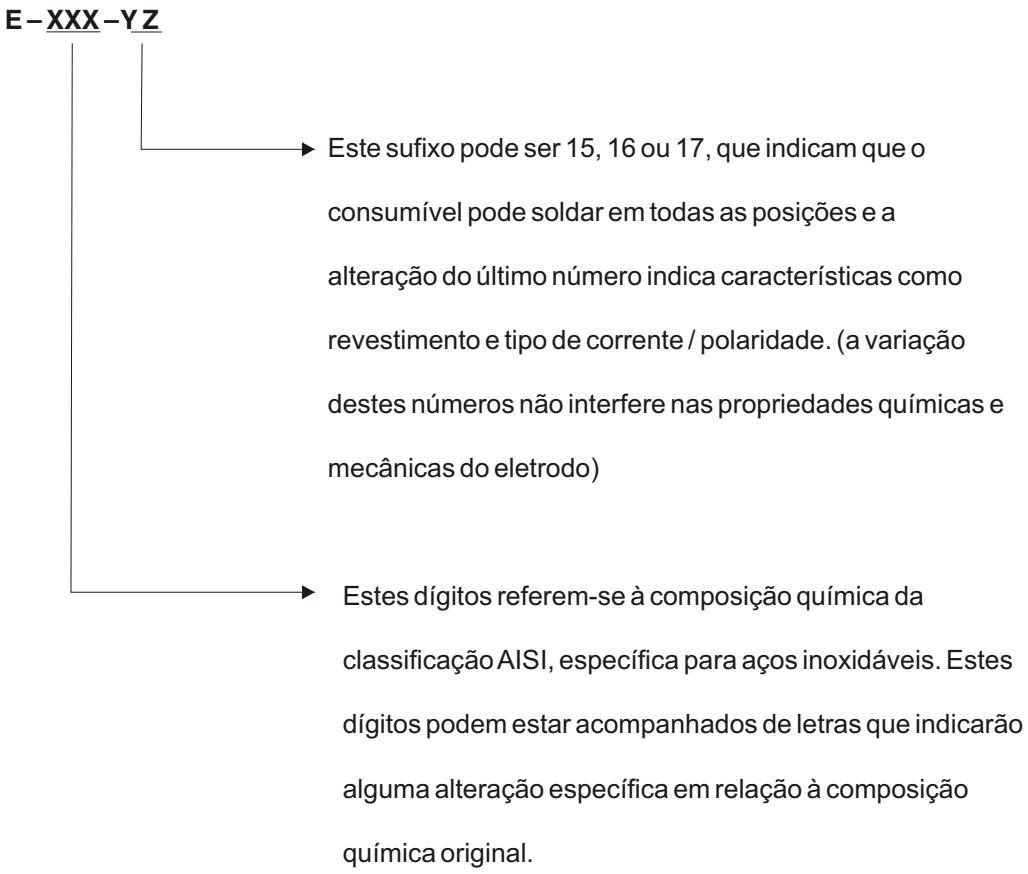
Tabela 5 - Classificação AWS para aços baixa liga

Classificação AWS	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	V
	Eletrodos para aços ao Carbono-Molibdênio								
E-7010-A1	0,12	0,60	0,40	0,03	0,04	-	0,40-0,65	-	-
E-7011-A1	"	"	"	"	"	-	"	-	-
E-7015-A1	"	0,90	0,60	"	"	-	"	-	-
E-7016-A1	"	"	"	"	"	-	"	-	-
E-7018-A1	"	"	0,80	"	"	-	"	-	-
E-7020-A1	"	0,60	0,40	"	"	-	"	-	-
E-7027-A1	"	1,00	"	"	"	-	"	-	-
	Eletrodos para aços ao Cromo-Molibdênio								
E-8016-B1	0,05-0,12	0,90	0,60	0,03	0,04	0,45-0,65	0,45-0,65	-	-
E-8018-B1	"	"	0,80	"	"	"	"	-	-
E-8015-B2L	0,05	"	1,00	"	"	1,00-1,50	0,40-0,65	-	-
E-8016-B2	0,05-0,12	"	0,60	"	"	"	"	-	-
E-8018-B2	"	"	0,80	"	"	"	"	-	-
E-8018-B2L	0,05	"	"	"	"	"	"	-	-
E-9015-B3L	"	"	1,00	"	"	2,00-2,50	0,90-1,20	-	-
E-9015-B3	0,05-0,12	"	0,60	"	"	"	"	-	-
E-9016-B3	"	"	"	"	"	"	"	-	-
E-9018-B3	"	"	0,80	"	"	"	"	-	-
E-9018-B3L	0,05	"	"	"	"	"	"	-	-
E-8015-B4L	"	"	1,00	"	"	1,75-2,25	0,40-0,65	-	-
E-8016-B5	0,07-0,15	0,40-0,70	0,30-0,60	"		0,40-0,60	1,00-1,25	-	0,05
	Eletrodos para aços ao Níquel								
E-8016-C1	0,12	1,25	0,60	0,03	0,04	-	-	2,00-2,75	-
E-8018-C1	"	"	0,80	"	"	-	-	"	-
E-7015-C1L	0,05	"	0,50	"	"	-	-	"	-
E-7016-C1L	"	"	"	"	"	-	-	"	-
E-7018-C1L	"	"	"	"	"	-	-	"	-
E-8016-C2	0,12	"	0,60	"	"	-	-	3,00-3,75	-
E-8018-C2	"	"	0,80	"	"	-	-	"	-
E-7015-C2L	0,05	"	0,50	"	"	-	-	"	-
E-7016-C2L	"	"	"	"	"	-	-	"	-
E-7018-C2L	"	"	"	"	"	-	-	"	-
E-8016-C3	0,12	0,40-1,25	0,80	"	0,03	0,15	0,35	0,80-1,10	0,05
E-8018-C3	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	Eletrodos para aços ao Níquel-Molibdênio								
E-8018-NM	0,10	0,80-1,25	0,60	0,02	0,03	0,05	0,40-0,65	0,80-1,10	0,02
	Eletrodos para aços ao Manganês-Molibdênio								
E-9015-D1	0,12	1,25-1,75	0,60	0,03	0,04	-	0,25-0,45	-	-
E-9018-D1	"	"	0,80	"	"	-	"	-	-
E-10015-D2	0,15	1,65-2,00	0,60	"	"	-	"	-	-
E-10016-D2	"	"	"	"	"	-	"	-	-
E-10018-D2	"	"	0,80	"	"	-	"	-	-
E-8016-D3	0,12	1,00-1,75	0,60	"	"	-	0,40-0,65	-	-
E-8018-D3	"	"	0,80	"	"	-	"	-	-
	Eletrodos para todos os outros aços de baixa liga								
E-XX10-G(A)	-	1,00 min.	0,80 mm	-	-	0,30 min.	0,20 min.	0,50 min.	0,10 min
E-XX11-G	-	"	"	-	-	"	"	"	"
E-XX13-G	-	"	"	-	-	"	"	"	"
E-XX15-G	-	"	"	-	-	"	"	"	"
E-XX16-G	-	"	"	-	-	"	"	"	"
E-XX18-G	-	"	"	-	-	"	"	"	"
E-XX20-G	-	"	"	-	-	"	"	"	"
E-9018-M(B)	0,10	0,60-1,25	0,80	0,030	0,030	0,15	0,35	1,40-1,80	0,05
E-10018-M	-	0,75-1,70	0,60	"	"	0,35	0,25-0,50	1,40-2,10	"
E-11018-M	-	1,30-1,80	"	"	"	0,40	"	1,25-2,50	"
E-12018-M	-	1,30-2,25	"	"	"	0,30-1,50	0,30-0,55	1,75-2,50	"
E-12018-M1	-	0,80-1,60	0,65	0,015	0,012	0,65	0,20-0,30	3,00-3,80	"
E-7018-W(C)	0,12	0,40-0,70	0,40-0,70	0,025	0,025	0,15-0,30	"	0,20-0,40	0,08
E-8018-W(D)	0,12	0,50-1,30	"	0,03	0,04	0,45-0,70	"	0,40-0,80	-

5.5.3 Eletrodos revestidos para aço inoxidável

Classificação AWS

São identificados da seguinte forma:


E – XXX – Y Z
Este sufixo pode ser 15, 16 ou 17, que indicam que o consumível pode soldar em todas as posições e a alteração do último número indica características como revestimento e tipo de corrente / polaridade. (a variação destes números não interfere nas propriedades químicas e mecânicas do eletrodo)
Estes dígitos referem-se à composição química da classificação AISI, específica para aços inoxidáveis. Estes dígitos podem estar acompanhados de letras que indicarão alguma alteração específica em relação à composição química original.

Exemplos de Consumíveis:

- E-308-16 – Composição química conforme AISI 308.

- E-308L-16 – Tem a mesma composição química do E-308, porém a letra L (low = baixo) indica que o seu % de Carbono é baixo (0,04% max.);

- E308H-16 - Tem a mesma composição química do E-308, porém a letra H (high = alto) indica que o seu % de Carbono é controlado para que fique na faixa mais alta permitida (0,04% - 0,08%.);

5.5.4 Arames e varetas para soldagem de aços carbono com proteção gasosa

Classificação AWS

São identificados da seguinte forma:

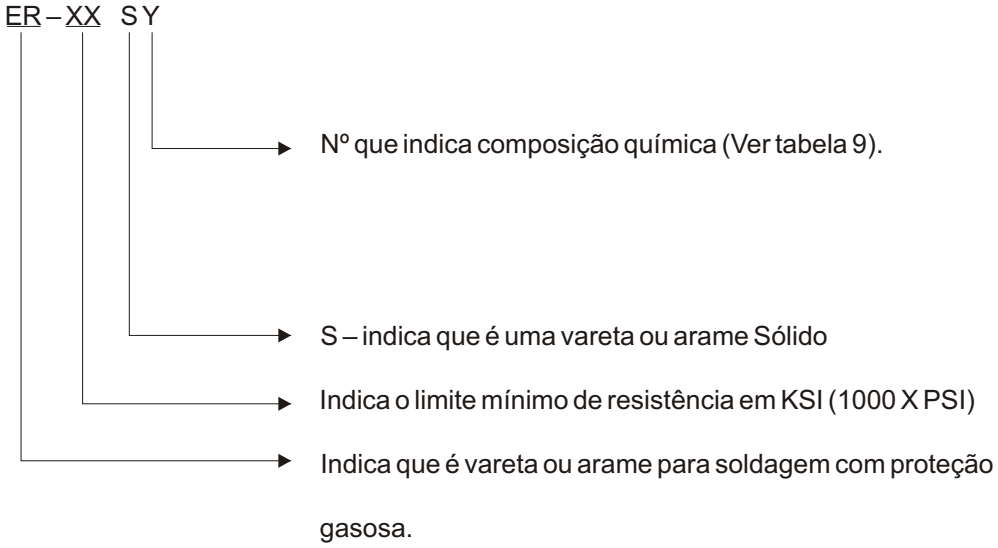

ER – XX S Y
Nº que indica composição química (Ver tabela 9).
S – indica que é uma vareta ou arame Sólido
Indica o limite mínimo de resistência em KSI (1000 X PSI)
Indica que é vareta ou arame para soldagem com proteção gasosa.

Tabela 6 – Arames e Varetas Norma AWS A 5.18-81

Classificação "AWS"	C	Mn	Si	P	S	Outros
ER 70 S-2	0,07	0,90 a 1,40	0,40 a 0,70	Máximo 0,025	Máximo 0,025	Ti-0,05 a 0,15 Zr-0,02 a 0,12 Al-0,05 a 0,15
ER 70 S-3	0,07 a 0,15	0,90 a 1,40	0,45 a 0,70	Máximo 0,025	Máximo 0,025	
ER 70 S-4	0,07 a 0,15	1,00 a 1,50	0,65 a 0,85	Máximo 0,025	Máximo 0,025	
ER 70 S-5	0,07 a 0,19	0,90 a 1,40	0,30 a 0,60	Máximo 0,025	Máximo 0,025	Al-0,05 a 0,90
ER 70 S-6	0,07 a 0,15	1,40 a 1,85	0,80 a 1,15	Máximo 0,025	Máximo 0,025	
ER 70 S-7	0,07 a 0,15	1,50 a 2,00	0,50 a 0,80			

5.5.5 Arames e varetas para soldagem de aços baixa liga com proteção gasosa

Classificação AWS

São identificados exatamente da mesma forma que as varetas e arames para aço carbono, com a diferença que o último dígito (referente à composição química) é substituído por um conjunto de letra e número que indicam o elemento de liga e sua composição.

Ex. **ER 80 S B2**

↳ B – Indica que os elementos de liga são Cromo e Molibidênio e o nº 2 indica Determinada composição química.

5.5.6 Arames e varetas para aços inoxidáveis

Atualmente existe uma variedade de varetas e arames para soldagem de aços inoxidáveis. Após o ER vem um conjunto de dígitos que indicam a composição química do metal de adição ver tabela 7.

Tabela 7 – Arames e Varetas

AWS	Características e aplicações
ER 308	Para unir materiais básicos de composição semelhante, tipos 301, 302 e 304. Para uma boa resistência à corrosão.
ER 308L	O baixo teor de carbono impede a precipitação intergranular de carboneto de cromo para os tipos 304 e 304L. Para soldagem de transição em aço revestido.
ER 309	Para ligas termo-resistentes de composição semelhante: juntas de metais dissimilares, por exemplo: aço carbono com aço inoxidável tipo 304; revestimento de aço carbono com uma única camada.
ER 310	Para metais básicos de composição semelhante, revestimento de aço carbono.
ER 312	Para ligas de composição semelhante, metais dissimilares, aço inoxidável com aço baixo carbono e juntas de aço de alta resistência. Alto teor de ferrita para resistência ao gretamento e alta resistência.
ER 316	Para composição semelhante. A adição do molibdênio melhora a resistência à deformação e à corrosão por piting de cloreto.
ER 316L	O baixo teor de carbono impede a precipitação intergranular de carboneto de cromo. Usado para aços inoxidáveis austenitícos com baixo teor de carbono e ligas com molibdênio.

5.6 Inspeção de consumíveis

Embalagem

A embalagem, mesmo antes da sua abertura, deve ser verificada para constatar que se encontra em boas condições físicas.

As embalagens devem apresentar-se com todos os seus fechamentos intactos, de maneira a manter a estanqueidade. Não devem apresentar amassamentos que possam danificar o revestimento dos eletrodos nela contidos.

Os rolos de arames tubulares são fornecidos em embalagens de papel alumínio com vedação para entrada de umidade. Estas embalagens devem estar intactas.

A identificação da embalagem deve ser também verificada nos seguintes aspectos:

- Se a classificação AWS é a requerida;

- Diâmetro do consumível;

- Nº do lote ou da corrida.

Além disto, deve ser verificado o certificado de qualidade do consumível.

Consumíveis fornecidos sem certificado de qualidade não devem ser aceitos.

5.6.1 Inspeção visual do consumível

Sempre que for utilizar um consumível realizar uma inspeção visual das condições físicas do mesmo.

Varetas a arames sólidos / tubulares – não devem apresentar sinais de oxidação.

Eletrodos revestidos – verificar a existência das descontinuidades abaixo exemplificadas:

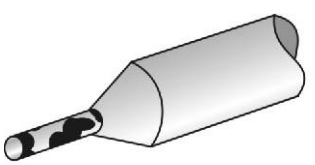


Figura 76 - Oxidação na ponta de pega

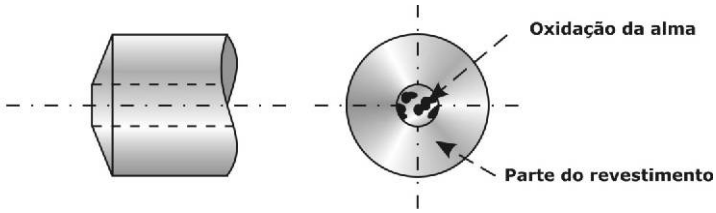


Figura 77 – Oxidação da ponta de arco

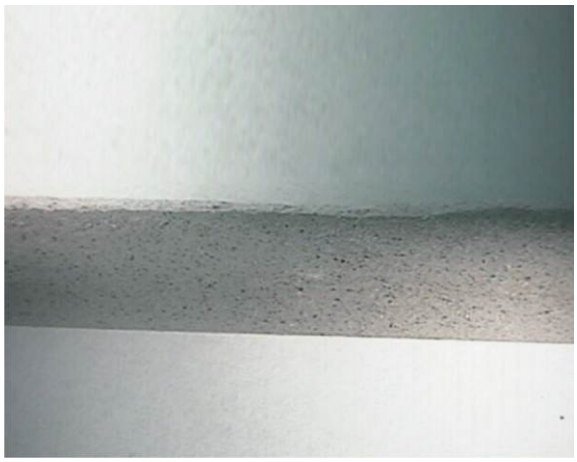
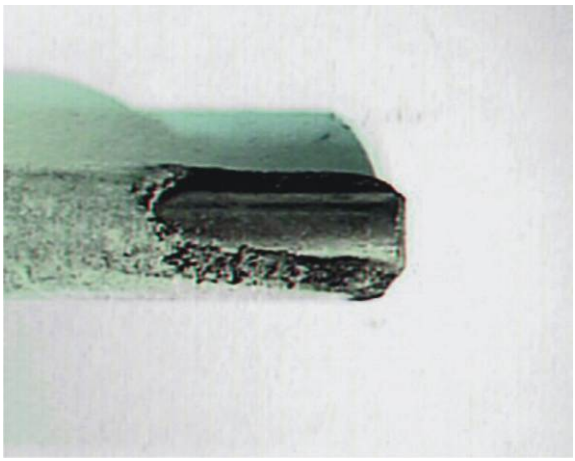
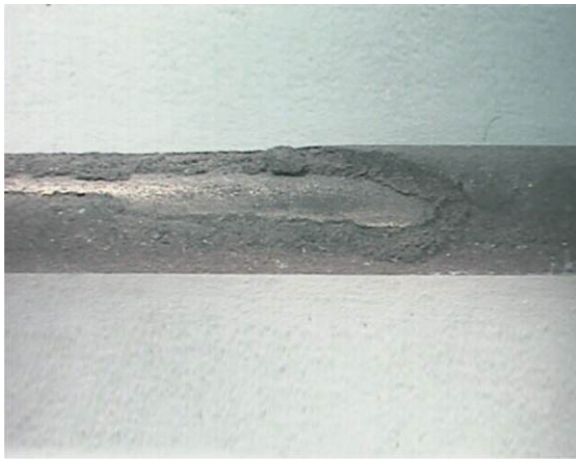


Figura 78 – Redução localizada

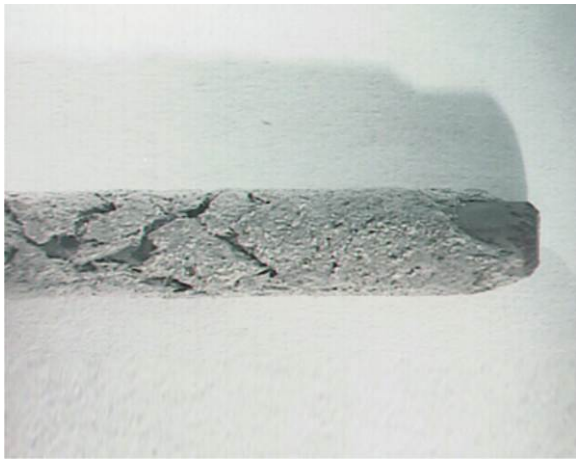


79 – Danos na ponta de arco

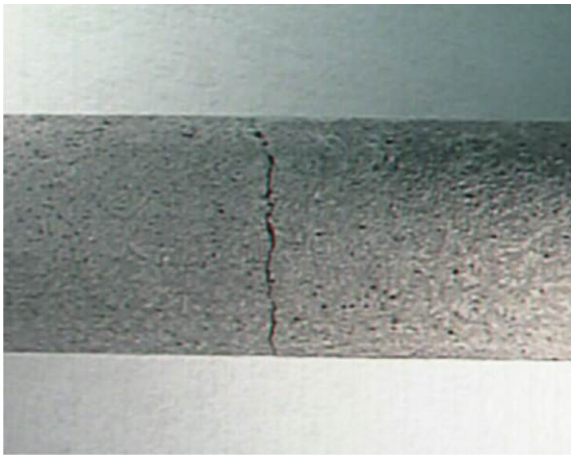
80 – Falta de aderência



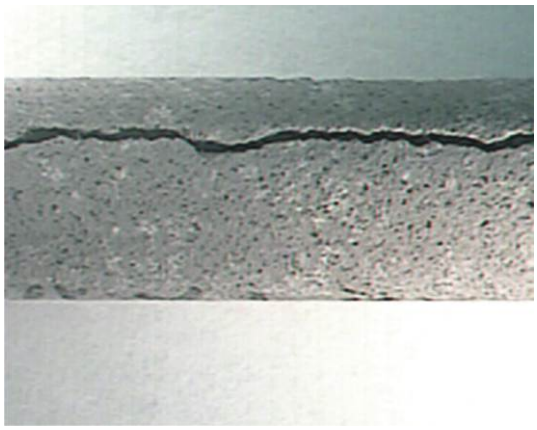
81 – Destacamento com exposição da alma



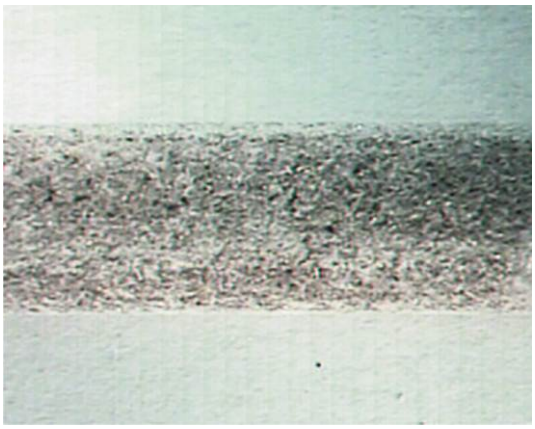
82 – Falta de compacidade



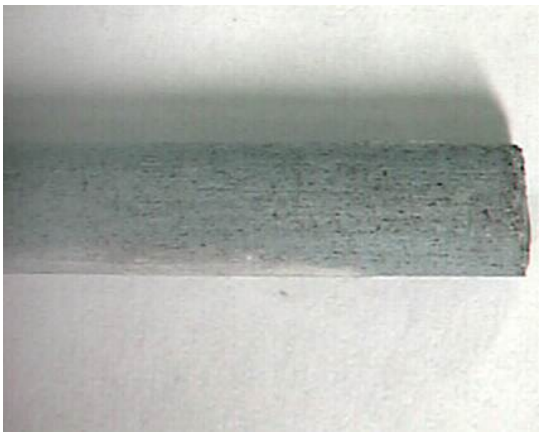
83 – Trincas transversais



84 – Trincas longitudinais



85 – Envelhecimento (formação de cristais de silicato)



86 – Ausência de conicidade na ponta de arco

5.6.2 Armazenagem, tratamento e manuseio

• Armazenagem

Todo consumível, antes de ter sua embalagem aberta, deve ser armazenado em um local em que haja condições de controle de umidade e temperatura. Este local que é conhecido como estufa de armazenagem. Esta estufa dependendo da quantidade de consumível pode ser desde um armário até uma sala, provida de lâmpadas potentes, que mantenham a temperatura interna pelo menos 5°C acima da temperatura ambiente (porém nunca abaixo de 20°C) e a umidade relativa em no máximo 50%.

A armazenagem deve ser feita em prateleiras ou sobre pallets. NUNCA DIRETAMENTE SOBRE O SOLO.

Todos estes cuidados visam evitar ao máximo o maior inimigo dos consumíveis de soldagem que é

a **umidade**, pois ela, com o tempo, pode deteriorar os elementos do revestimento dos eletrodos e também oxidar a alma dos eletrodos e os arames / varetas, tornando-os inaceitáveis para soldagem.

• Tratamento dos consumíveis

Os consumíveis devem ser tratados conforme o fluxograma abaixo ilustrado:

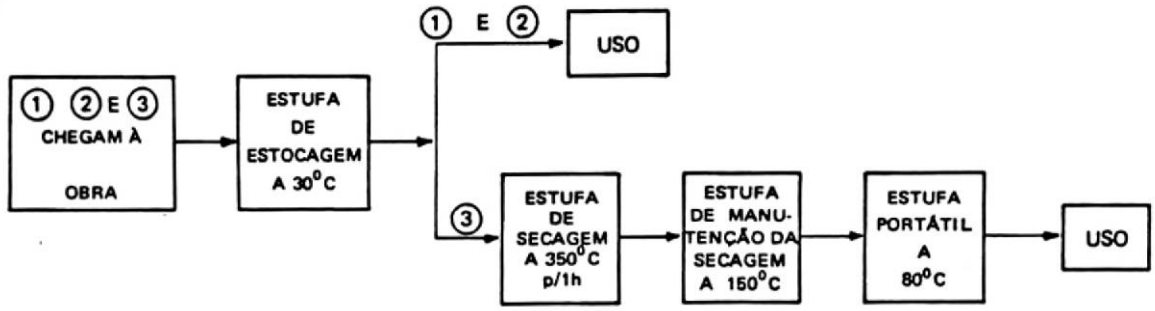


Figura 87 - Tratamento dos consumíveis

Codificação:

1 – Arames sólidos / tubulares e varetas

2 – Eletrodos celulósicos e rutílicos

3 – Eletrodos básicos

Conforme demonstrado pelo fluxograma temos diferentes procedimentos para lidar com diferentes consumíveis de soldagem, conforme detalhado abaixo:

- **Arames sólidos e varetas** – Podem ser retirados da estufa de armazenamento para utilização no campo sem qualquer outro tipo de tratamento. Como estes consumíveis não têm revestimento, a preocupação que se deve ter é para que não haja oxidação dos mesmos, portanto, sempre que não estiverem sendo utilizados devem retornar para a estufa de armazenamento.
- **Arames tubulares** – Assim como os arames sólidos podem ser utilizados diretamente à partir da estufa de armazenamento. Com este consumível deve se ter a preocupação com o seu revestimento interno, portanto, à qualquer parada, a bobina deve ser envolvida em saco plástico e amarrado. Ao final do dia de trabalho a bobina não deve permanecer na máquina, e sim ser

colocada na estufa de armazenamento.

- **Eletrodos com revestimento celulósico ou rutílico** – Podem também ser retirados da estufa de armazenamento para utilização no campo. O revestimento destes consumíveis não tem como característica alta absorção de umidade, por isto não requerem tratamento especial, porém, assim como as varetas e arames, devem retornar à estufa de armazenamento quando não estiverem sendo utilizados.
- **Eletrodos Básicos** – Este tipo de revestimento tem como característica uma alta capacidade de absorver umidade, e considera-se que mesmo dentro da lata fechada o seu revestimento já contém umidade. Portanto este tipo de eletrodo não deve ser utilizado sem um tratamento especial, conforme detalhado a seguir:

  • **Secagem**

  Todos os eletrodos básicos após serem retirados de sua embalagem original devem ser colocados em uma estufa para secagem (retirada de umidade) do revestimento. Esta secagem deve ser feita em uma faixa de temperatura de 300° à 350°C, durante um tempo de 01 hora. É importante obedecer estes parâmetros, pois uma se trabalharmos em temperatura abaixo de 300°C e / ou abaixo de 01 hora a retirada da umidade não será efetiva, Se trabalharmos acima de 350° e / ou acima de 01 hora poderemos estar danificando o revestimento em função da temperatura e / ou do tempo à alta temperatura.

Figura 88 - Estufa de Secagem (300° - 350°C)

• Manutenção da secagem

Após a retirada da umidade o eletrodo deve ser transferido para uma estufa de manutenção da secagem, que deve estar à uma temperatura de 150°C. O eletrodo permanece nesta estufa até sair para ser utilizado.

Figura 89 – Estufa de manutenção

• Estufas portáteis

Os eletrodos básicos somente devem sair da estufa de manutenção para o campo em estufas portáteis (coxixos), que devem estar aquecidos à uma temperatura entre 80 à 120°C. A retirada deve ser feita em pequenas quantidades (apenas o suficiente para o trabalho de no máximo ½ jornada), pois nestes recipientes mesmo estando aquecidos já haverá alguma absorção de umidade e se os eletrodos permanecerem por muito tempo neste cochicho a umidade absorvida prejudicará a soldagem.

Os soldadores devem ser conscientizados para manterem fechados os seus coxixos durante o trabalho,evitando a exposição dos eletrodos a umidade ambiente.

Eletrodos básicos nunca devem ser manuseados em recipientes abertos, sob pena de se perder todo o tratamento realizado.

Figura 90 – Estufa portátil

6. SEGURANÇA NO TRABALHO

Essa parte apresenta informações sobre saúde e segurança aos usuários dos processos de soldagem, corte e goivagem ao arco elétrico e equipamentos relacionados. Todas as operações de soldagem e corte são seguras desde que se respeite todas as regras relativas à segurança e se utilize corretamente os EPI's adequados.

As regras apresentadas sobrem processos de soldagem e corte ao arco elétrico tais como:

- Goivagem com grafite
- Plasma corte
- Soldagem ao arco submerso
- Soldagem com arame tubular
- Soldagem com eletrodo revestido
- Soldagem MIG/MAG
- Soldagem TIG

As regras de segurança são apresentadas para a proteção dos operadores e demais pessoal envolvido na instalação, utilização e manutenção de equipamentos de soldar, cortar ou goivagem ao arco e plasma elétricos. Elas resumem informações e práticas adotadas na indústria. Antes de se instalar, operar ou reparar um equipamento de soldar é necessário ter lido compreendido e adotado as regras aqui apresentadas. A não observância destas regras de segurança pode resultar em acidentes com danos pessoais eventualmente fatais, sob a inteira responsabilidade do usuário.

As regras de segurança ora apresentadas são divididas em três grupos principais:

1) segurança relativa ao local de trabalho

2) segurança relativa ao pessoal

3) segurança relativa ao equipamento

6.1 Segurança relativa ao local de trabalho

- **Incêndios e explosões**

O calor produzido por arcos elétricos e as suas irradiações, por escórias quentes e por faíscas podem ser causas de incêndios ou explosões. Conseqüentemente, toda área de soldagem ou corte deve ser equipada com sistema adequado de combate a incêndio e o pessoal de supervisão de área, operação ou manutenção do equipamento envolvido deve ser treinado no combate a incêndios.

Todo e qualquer trabalhador deve ser familiarizado com as seguintes medidas de prevenção e proteção contra incêndios:

- **Garantir a segurança da área de trabalho -** Sempre que possível, trabalhar em locais especialmente previstos para soldagem ou corte ao arco elétrico.
- **Eliminar possíveis causas de incêndios -** Locais onde se solde ou corte não devem conter líquidos inflamáveis (gasolina, tintas, solventes, etc.), sólidos combustíveis (papel, materiais de embalagem, madeira, etc.) ou gases inflamáveis (oxigênio, acetileno, hidrogênio, etc.).
- **Instalar barreiras contra fogo e contra respingos -** Quando as operações de soldagem ou corte não podem ser efetuados em locais específicos e especialmente organizados, instalar biombos metálicos ou proteções não inflamáveis ou combustíveis para evitar que o calor, as fagulhas, os respingos ou as escórias possam atingir materiais inflamáveis.
- **Tomar cuidado com fendas e rachaduras -** Fagulhas, escórias e respingos podem "voar" sobre longas distâncias. Eles podem provocar incêndios em locais não visíveis ao soldador. Procurar buracos ou rachaduras no piso, fendas em torno de tubulações e quaisquer aberturas que possam conter e ocultar algum material combustível.
- **Instalar equipamentos de combate a incêndio -** Extintores apropriados, baldes de areia e outros dispositivos anti-incêndio devem ficar nas proximidades da área de soldagem ou corte. Sua especificação depende da quantidade e do tipo dos materiais combustíveis que possam se encontrar no local de trabalho.
- **Avaliar a necessidade de uma vigilância especial contra incêndio -** Quando soldam ou

cortam, os operadores podem não se dar conta da existência de algum incêndio, pois além da atenção exigida pelo próprio trabalho, eles ficam isolados do ambiente pela sua máscara de soldagem e os seus diversos equipamentos de proteção individual. De acordo com as condições do local de trabalho, a presença de uma pessoa especialmente destinada a tocar um alarme e iniciar o combate ao incêndio pode ser necessária.

- **Usar um procedimento de "autorização de uso da área" -** Antes de se iniciar uma operação de soldagem ou corte num local não especificamente previsto para esta finalidade, ele deve ser inspecionado por pessoa habilitada para a devida autorização de uso.
- **Não soldar, cortar ou goivar em recipientes fechados ou que não tenha sido devidamente esvaziados e limpos internamente -** Eles podem explodir se tiverem contido algum material combustível ou criar um ambiente asfixiante ou tóxico conforme o material que foi armazenado neles.
- **Proceder à inspeção da área de trabalho após ter-se completado a soldagem ou o corte -** Apagar ou remover fagulhas ou pedaços de metal quente que, mais tarde, possam provocar algum incêndio.

- **Ventilação -** O local de trabalho deve possuir ventilação adequada de forma a eliminar os gases, vapores e fumos usados e gerados pelos processos de soldagem e corte e que podem ser prejudiciais à saúde dos trabalhadores. Substâncias potencialmente nocivas podem existir em certos fluxos, revestimentos e metais de adição ou podem ser liberadas durante a soldagem ou o corte. Em muitos casos, a ventilação natural é suficiente, mas certas aplicações podem requerer uma ventilação forçada, cabines com coifas de exaustão, filtros de respiração ou máscaras com suprimento individual de ar. O tipo e a importância da ventilação dependem de cada aplicação específica, do tamanho do local de trabalho, do número de trabalhadores presentes e da natureza dos materiais trabalhados e de adição.

- **Locais tais como poços, tanques, sótões e etc. devem ser considerados como áreas**

confinadas - A soldagem ou o corte em áreas confinadas requer procedimentos específicos de ventilação e trabalho, com o uso eventual de capacetes ou máscaras especiais.

- **Nunca soldar, cortar ou realizar qualquer operação a quente numa peça que não tenha sido adequadamente limpa -** Substâncias depositadas na superfície das peças podem decompor-se sob a ação do calor e produzir vapores inflamáveis ou tóxicos. Não se deve soldar, cortar ou realizar qualquer operação a quente numa peça que não tenha sido adequadamente limpa. Os produtos da decomposição destas substâncias pelo calor do arco podem produzir vapores inflamáveis ou tóxicos. Todos os fumos e gases desprendidos devem ser considerados como potencialmente nocivos. Remover toda e qualquer pintura ou revestimento de zinco de uma peça antes de soldá-la ou cortá-la.
- **O soldador ou operador deve sempre manter a cabeça fora da área de ocorrência dos fumos ou vapores gerados por um arco elétrico de forma a não respirá-los.**
- **Fumos e gases -** Fumos são partículas sólidas que tem origem nos consumíveis de soldagem, no metal de base e qualquer camada protetora presente no metal de base.

  Gases podem ser usados para proteger o metal de solda liquido ou serem produzidos durante a soldagem pelo efeito da radiação do arco elétrico sobre o meio ambiente.

  A quantidade e composição dos fumos e gases dependem das seguintes variáveis: composição do metal de solda e do metal de base, processo de soldagem, nível de corrente, comprimento do arco e tipo de gás de proteção.
- **Possíveis efeitos da superexposição aos fumos e gases -** Dependendo da quantidade do material envolvido, a inalação de fumos e gases causa irritação nos olhos, na pele e no sistema respiratório, além do risco a complicações mais severas.

  Esses efeitos podem ocorrer imediatamente após a soldagem ou após certo tempo.

  Fumos podem causar sintomas como náuseas, dor de cabeça, tonteira e febre.

  Possibilidade de doenças mais sérias existe quando materiais altamente tóxicos estão envolvidos. Por exemplo, superexposição ao manganês pode afetar o sistema nervoso central resultando em prejuízos na fala e nos movimentos.

Em espaços confinados, a pressão dos gases desloca o ar respirável e causa asfixia.

- **Como evitar a superexposição**

Conservar sua cabeça longe de fumos e gases, não respirar os fumos e gases e usar ventilação e/ou exaustão suficiente para reter os fumos e gases longe da região de respiração dos soldadores e da área em geral.

Em muitos casos, a ventilação natural do galpão proporciona ventilação suficiente e ar fresco à área de soldagem e ao galpão.

Onde a ventilação natural é questionável, use ventilação ou exaustão mecânica para promover ar de qualidade.

Se o controle até agora mencionados não são suficiente, use fontes externas de ar através de respiradores. Estes equipamentos devem ser manuseados apenas por pessoas qualificadas para estas funções.

Trabalhar em espaço confinado requer cuidados adicionais quanto aos fumos e gases. Nunca trabalhe sozinho. Fumos provenientes de soldagem ou corte podem alterar a qualidade do ar causando prejuízos à saúde ou mesmo a morte.

As empresas devem contratar os serviços de um Técnico em Higiene Industrial ou Serviços Ambientais para conferir a operação e qualidade do ar no ambiente de trabalho e fazer recomendações específicas para operações de soldagem ou de corte.

O tipo e a quantidade de fumos e gases dependem do processo, do equipamento e dos consumíveis usados Uma posição de soldagem pode reduzir a exposição do soldador aos fumos.

Nunca soldar perto de desengraxadores a vapor ou de peças que acabem de ser desengraxadas.

A decomposição dos hidrocarbonetos clorados usados neste tipo de desengraxador pelo calor ou a irradiação do arco elétrico pode gerar fosgênio, um gás altamente tóxico, ou outros gases nocivos.

Metais tais como o aço galvanizado, o aço inoxidável, o cobre, ou que contenham zinco, chumbo, berílio ou cádmio nunca devem ser soldados ou cortados sem que se disponha de uma ventilação forçada eficiente. Nunca se devem inalar os vapores produzidos por estes materiais.

Uma atmosfera com menos de 18 % de oxigênio pode causar tonturas, perda de consciência e

eventualmente morte, sem sinais prévios de aviso. Os gases de proteção usados em soldagem e corte são mais leves, quer mais pesados que o ar; certos deles (argônio, dióxido de carbono-CO2, nitrogênio) podem deslocar o oxigênio do ar ambiente sem serem detectados pelos sentidos do homem.

O hidrogênio é um gás inflamável. Uma mistura deste gás com oxigênio ou ar numa área confinada explode se alguma faísca ocorrer. Ele é incolor, inodor e insípido. Ainda, sendo mais leve que o ar, ele pode acumular-se nas partes superiores de áreas confinadas e agir como gás asfixiante.

Alguma irritação nos olhos, no nariz ou na garganta durante a soldagem ou o corte pode ser indício de uma contaminação do local de trabalho e de uma ventilação inadequada. O trabalho deve ser interrompido, as condições do ambiente devem ser verificados por um técnico competente para que determinem as condições necessárias para a continuidade do trabalho.

6.2 Cilindros de gás

Composição de um cilindro

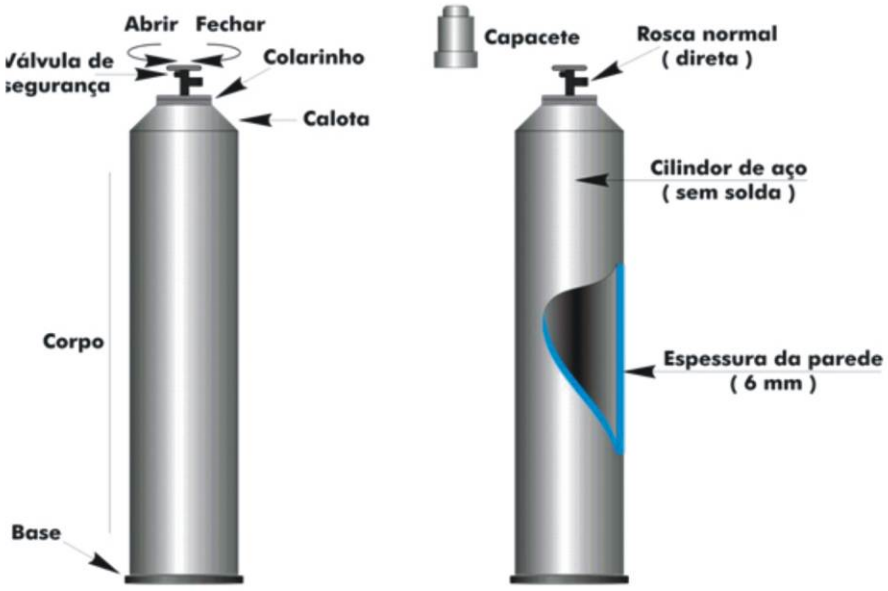


Figura 91 - Composição de um cilindro

• Identificação

Os cilindros são pintados em cores distintas para cada tipo de gás. Isto é feito para que somente o

gás correto seja armazenado no cilindro próprio.

Verifique a cor da etiqueta para ter certeza de que é o gás de proteção adequado para o processo, e que os reguladores, mangueiras e presilhas sejam os corretos para esse gás e pressão de trabalho, e que estejam em boas condições.

Para evitar trocas de mangueiras e ligações entre cilindros de gases combustíveis e não combustíveis, a saída de válvula tem saída de rosca á esquerda e à direita, respectivamente.

A tabela 8 fornece informações sobre o tipo de cilindro de gás usado em soldagem.

Tabela 8 - Tipos de cilindros de gás usado em soldagem

Tipo de gás	Cor do cilindro
Argônio	Marrom
Oxigênio industrial	Preto
Oxigênio medicinal	Verde
Hélio	Laranja
CO_2 (dióxido de carbono)	Aluminio
Acetileno	Bordô
Hidrogênio	Amarelo
Nitrogênio	Cinza
Gás natural	Rosa
Misturas especiais	Ouro ou bege

O manuseio inadequado dos cilindros dos gases usados em soldagem ou corte elétricos pode provocar a danificação ou ruptura da válvula de fechamento e a liberação repentina e violenta do gás que contêm com riscos de ferimento ou morte.

Figura 92 - Manuseio do cilíndro de gás

Observar as características físicas e químicas dos gases usados e seguir rigorosamente as regras de segurança específicas indicadas pelo fornecedor.

Somente usar gases reconhecidamente adequados ao processo de soldagem ou corte e à aplicação previstos.

Somente usar um regulador de pressão específico para o gás usado e de capacidade apropriada à aplicação.

Nunca usar adaptadores de rosca entre um cilindro e o regulador de pressão.

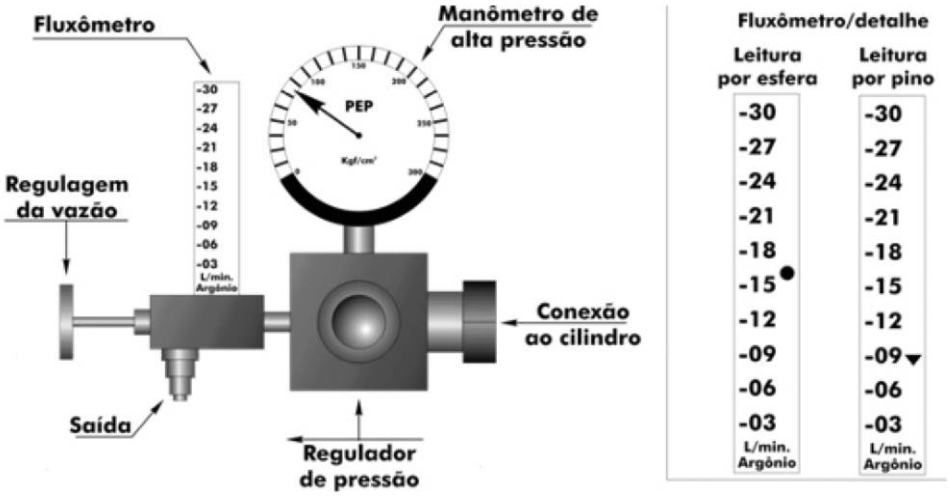


Figura 93 - Acessório e conexões do cilíndro

Sempre conservar as mangueiras e conexões de gás em boas condições de trabalho. O circuito de gás deve estar isento de vazamentos.

Os cilindros de gás devem sempre ser mantidos em posição vertical.

Eles devem ser firmemente fixados no seu carrinho de transporte ou nos seus suportes ou encostos (em paredes, postes, colunas, etc) por meio de correia ou de corrente isolada eletricamente.

Nunca conservar cilindros ou equipamento relativo a gases de proteção em áreas confinadas.

Nunca instalar um cilindro de gás de forma que ele possa, mesmo que acidentalmente, se tornar parte de um circuito elétrico.

Em particular, nunca usar um cilindro de gás, mesmo que vazio, para abrir um arco elétrico.

Quando não estiverem em uso, cilindros de gás devem permanecer com sua válvula fechada, mesmo que estejam vazios.

Devem sempre ser guardados com o seu capacete parafusado. O seu deslocamento ou transporte deve ser feito por meio de carrinhos apropriados e deve-se evitar que cilindros se choquem.

Figura 94 - Posições adequadas dos cilíndros

Sempre manter cilindros de gás distantes de chamas e de fontes de faíscas ou de calor (fornos, caldeiras, reatores e etc).

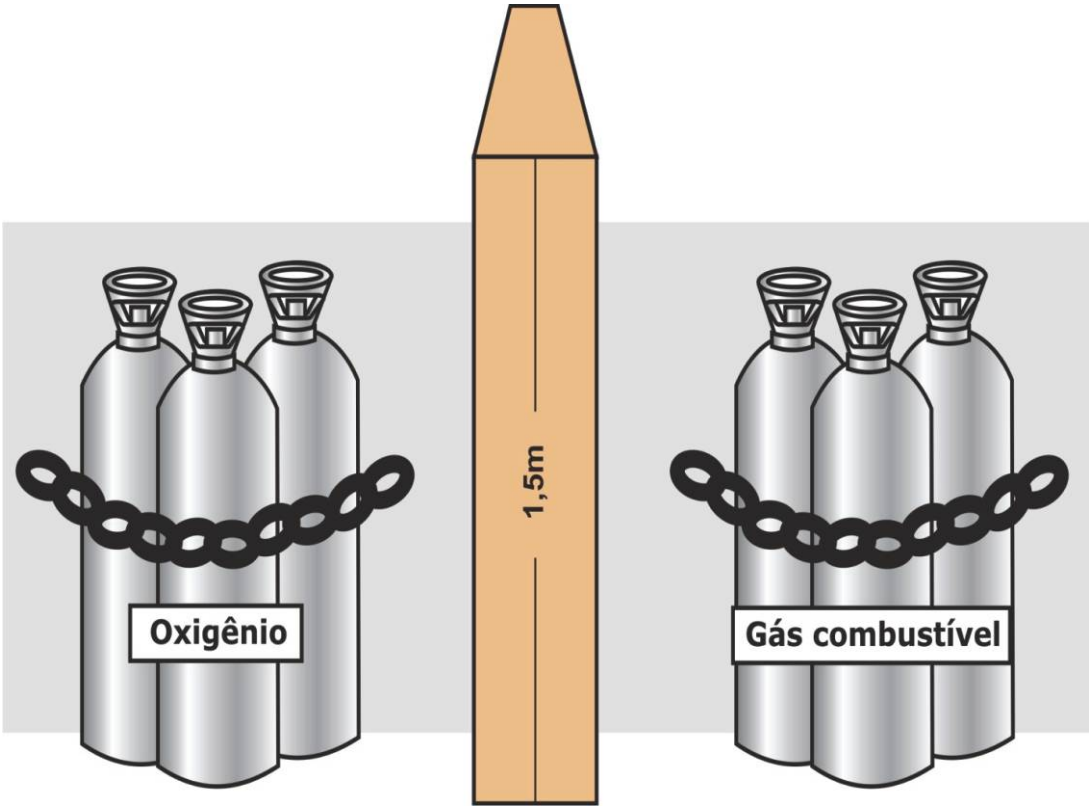


Figura 95 - Armazenamento adequados dos cilindros

Ao abrir a válvula do cilindro, manter o rosto afastado do regulador de pressão/vazão.

6.3 Segurança relativa ao pessoal

• **Choques elétricos -** Choques elétricos podem ser fatais e devem ser evitados. Instalações elétricas defeituosas, aterramento ineficiente assim como operação ou manutenção incorretas de um equipamento elétrico são fontes comuns de choque elétricos.

• **Nunca tocar em partes eletricamente "vivas" -** A rede de alimentação elétrica, o cabo de entrada e os cabos de soldagem (se insuficientemente isolados), o porta-eletrodo, a pistola ou a tocha de soldar, os terminais de saída da máquina e a própria peça a ser soldada (se não adequadamente aterrada) são exemplos de partes eletricamente "vivas". A gravidade do choque elétrico depende do tipo de corrente envolvida (a corrente alternada é mais perigosa que a corrente contínua), do valor da tensão elétrica (quanto mais alta a tensão, maior o perigo) e das partes do corpo afetadas. A tensão em vazio das fontes de energia usada em soldagem corte ou goivagem podem provocar choques elétricos graves. Quando vários soldadores trabalham com arcos elétricos de diversas polaridades ou quando se usam várias máquinas de corrente alternada, as tensões em vazio das várias fontes de energia podem se somar; o valor resultante aumenta o risco de choque elétrico.

• **Instalar o equipamento de acordo com as instruções do Manual específico fornecido -** Sempre usar cabos elétricos de bitola adequada às aplicações previstas e com a isolação em perfeito estado. Para o circuito de soldagem, respeitar a polaridade exigida pelo processo ou a aplicação.

• **Aterrar os equipamentos e seus acessórios a um ponto seguro de aterramento -** A ligação da estrutura das máquinas a um ponto seguro de aterramento próximo do local de trabalho é condição básica para se evitar choques elétricos.

• **Garantir bons contatos elétricos na peça soldada e nos terminais de saída da máquina -** Os terminais de saída, em particular aquele ao qual a peça soldada estiver ligada, devem ser mantidos em

bom estado, sem partes quebradas ou isolação trincada. Nunca fazer contatos elétricos através de superfícies pintadas, notadamente na peça a ser soldada.

• **Assegurar-se de que todas as conexões elétricas estão bem apertadas, limpas e secas**. Conexões elétricas defeituosas podem aquecer e, eventualmente, derreter. Elas podem ainda ser a causa de más soldas e provocar arcos ou faíscas perigosas. Não se deve permitir que água, graxa ou sujeira se acumule em plugues, soquetes, terminais ou elementos de um circuito elétrico.

• **Manter o local de trabalho limpo e seco**. A umidade e a água são condutoras da eletricidade. Manter sempre o local de soldagem ou corte, os equipamentos e a roupa de trabalho seco. Eliminar de imediato todo e qualquer vazamento de água. Não deixar que mangueiras encostem-se a peças metálicas. Nunca ultrapassar os limites de pressão da água indicados nos Manuais de Instruções.

• **Usar roupa e equipamentos de proteção individual adequados, em bom estado, limpos e secos**. Ver, abaixo, as regras específicas relativas à proteção corporal:

• **Ao soldar ou cortar, não usar quaisquer adornos, acessórios ou objetos corporais metálicos -** Para soldar, cortar ou goivar é recomendado retirar anéis, relógios, colares e outros itens metálicos. Contatos acidentais de tais objetos com algum circuito elétrico podem aquecê-los, derretê-los e provocar choques elétricos.

• **O soldador ou operador de uma máquina de soldar ou cortar deve trabalhar em cima de um estrado ou plataforma isolante.**

• **Campos elétricos magnéticos -** A corrente elétrica que circula num condutor provoca o aparecimento de campos elétricos e magnéticos. A corrente elétrica utilizada em soldagem, corte ou goivagem criam tais campos em torno dos cabos de solda e dos equipamentos. Ademais certas máquinas de soldar geram e usam para abrir o arco ou durante toda a operação de soldagem, um faiscamento do tipo “ruído brancos” conhecido como "alta freqüência". Conseqüentemente, pessoas portadoras de marca-passo devem consultar um médico antes de adentrar uma área de

soldagem ou corte: os campos elétricos e magnéticos ou as irradiações podem interferir no funcionamento do marca-passo.

Para minimizar os efeitos dos campos gerados pelas correntes elétricas de soldagem e corte:

- Não se deve permanecer entre os dois cabos eletrodo e obra e sim, sempre manter ambos do mesmo lado do corpo.
- Os dois cabos de soldagem (eletrodo e obra) devem correr juntos e, sempre que possível, amarrados um a o outro.
- Na peça a ser soldada, conectar o cabo obra tão perto quanto possível da junta.
- Manter os cabos de soldagem e de alimentação do equipamento tão longe quanto possível do corpo.
- Nunca se devem enrolar cabos de soldagem em torno do corpo.

6.3.1 Segurança corporal

As operações de soldagem e corte envolvem muito calor e emitem uma quantidade de luz considerável, e freqüentemente são projetados respingos de metal quente. Os soldadores necessitam então de proteção para o corpo, a cabeça e especialmente para os olhos. Estas podem variar com o tipo de trabalho sendo realizado, mas geralmente devem permitir liberdade de movimentos e ao mesmo tempo proteger contra queimaduras e faíscas, respingos de solda, e da radiação do arco. As roupas que usamos no dia a dia podem protegê-lo da radiação ultravioleta, que aparecem na forma de queimaduras de pele, como por exemplo, as queimaduras do sol. Sob condições severas, entretanto, podem resultar em queimaduras sérias e câncer de pele, quando se permanece exposto a radiações excessivas.

Devido à sua maior durabilidade e resistência ao fogo, roupas de couro são mais apropriadas para serem usadas. Tecidos sintéticos (que podem derreter ou pegar fogo quando exposto ao calor extremo) ou algodão não devem ser usados a não ser que tenham sedo devidamente tratadas para resistirem ao fogo.

Figura 96 - Os EPI'S utilizados por um soldador.

Vestimenta própria para o soldador:

1. Avental de couro;

2. Manga de couro;

3. Luva de couro;

4. Polainas de couro;

5. Sapatos de couro;

6. Touca de couro;

7. Óculos;

8. Ombreira de couro.

6.3.2 Regras para a proteção da visão

Os arcos elétricos emitidos durante as operações de soldagem e/ou corte emitem raios ultravioletas e infravermelhos. Exposição demasiada a essa radiação pode provocar queimaduras graves e dolorosas da pele e danos permanentes na vista.

- **Para soldar ou cortar, usar máscara com vidro ou dispositivo de opacidade adequado ao processo e à aplicação prevista.**

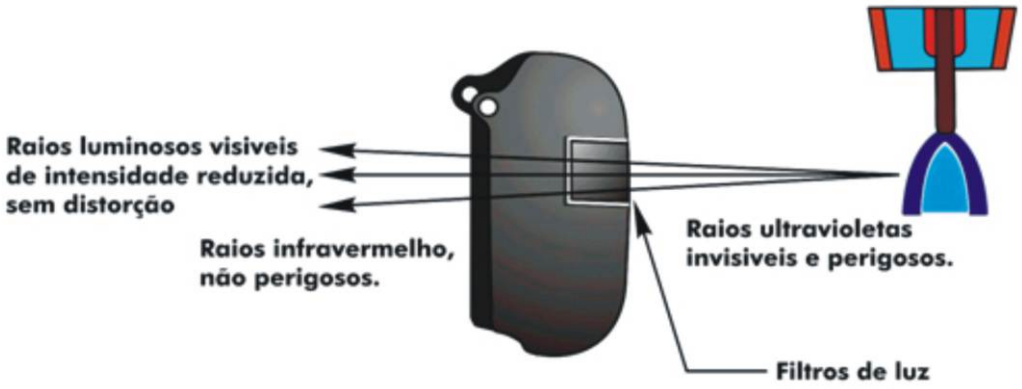


Figura 97 - Demostração da radiação através da máscara de soldagem

A figura acima ilustra a radiação proveniente de um processo de soldagem. Como regra geral, iniciar com uma opacidade alta demais para que se veja a zona do arco; reduzir então à opacidade que se tenha uma visão adequada da área de soldagem, sem problema para os olhos. A tabela abaixo associa número do o filtro da lente indicado para cada corrente de soldagem.

Tabela 9 - Numeração dos filtros para lentes da máscara de soldagem

Filtro número	Corrente de Soldagem (ampéres)
8	30 até 75
10	75 até 200
12	200 até 400
14	acima de 400

- **Usar óculos de segurança com protetores laterais**. Quando se solda, corta ou goiva, quando se remove a escória de um cordão de solda ou quando se esmerilha alguma peça partículas metálicas, respingos e fagulhas podem atingir os olhos sob ângulos quaisquer de incidência. Nos processos semi-automáticos ou automáticos, pontas de arame podem ferir gravemente. Usar os óculos de segurança inclusive por baixo da máscara de soldar ou de qualquer protetor facial.
- **Qualquer pessoa dentro de uma área de soldagem ou corte, ou num raio de 20 m, deve**

estar adequadamente protegida. A irradiação de um arco elétrico tem grande alcance e partículas metálicas e respingos podem voar sobre distâncias relativamente grandes.

6.3.3 Regras para proteção da pele

Devido à emissão de raios ultravioletas e infravermelhos, arcos elétricos queimam a pele da mesma maneira que o sol, porem muito mais rapidamente e com maior intensidade. Os operadores, e em particular aqueles sensíveis à exposição ao sol podem sofrer queimaduras na pele após breve exposição a um arco elétrico. Os respingos de solda e as fagulhas são outras fontes de queimaduras.

Seguir as recomendações abaixo para garantir uma proteção segura contra a irradiação de um arco elétrico e os respingos.

- **Não deixar nenhuma área de pele descoberta -** Não arregaçar as mangas da camisa ou do avental.
- **Usar roupa protetora resistente ao calor: gorro, jaqueta, avental, luvas e perneiras -** Roupa de algodão ou similares constitui uma proteção inadequada, pois além de ser inflamável, ela pode se deteriorar em função da exposição às radiações dos arcos elétricos.
- **Usar calçado de cano longo e estreito -** Não usar sapatos baixos e folgados nos quais respingos e fagulhas pode penetrar.
- **Usar calças sem bainha. Bainhas podem reter fagulhas e respingos -** As pernas das calças devem descer por cima das botas ou dos sapatos para evitar a entrada de respingos.
- **Sempre usar roupa, inclusive de proteção, limpa -** Manchas de óleo ou graxa ou sujeira em excesso podem inflamar-se devido ao calor do arco.
- **Manter os bolsos, mangas e colarinhos abotoados -** Fagulhas e respingos podem penetrar por tais aberturas e queimar pelos e/ou pele. Os bolsos não devem conter objetos ou produtos combustíveis tais como fósforos ou isqueiros.

Manutenções ou reparações somente devem ser feitas por elementos habilitados devidamente protegidos e isolados do ponto de vista elétrico; somente usar ferramentas isoladas, específicas para eletricidade. Proceder à reparação de máquinas elétricas em local apropriado e devidamente isolado.

- **Usar protetores de ouvido -** Certas operações de soldagem corte ou goivagem produzem ruídos de intensidade elevada e, eventualmente, longa duração. Protetores de ouvido adequados, além de protegerem contra estes ruídos excessivos, impedem que respingos e fagulhas entrem nos ouvidos.

6.3.4 Regras de segurança relativas aos equipamentos

- Sempre instalar e operar um equipamento de soldar ou cortar de acordo com a orientação do seu Manual de Instruções. Alem da proteção ao pessoal de operação e manutenção, o aterramento constitui uma proteção fundamental dos equipamentos.

7. Documentos técnicos aplicados à soldagem

7.1 O que é sistema da qualidade?

Sistema da Qualidade é um conjunto de ações e documentos que definem o funcionamento de determinada atividade (serviço ou produto), de maneira a fazer com que todas as suas etapas do processo produtivo e conseqüentemente o produto final apresentem-se conforme os requisitos estabelecidos, dentro de um custo previsto pelo fornecedor e aceito pelo cliente.

O sistema da qualidade abrange ações desde a avaliação de uma empresa quanto à sua capacidade para realizar determinado serviço, até a assistência técnica após a entrega definitiva do produto ou serviço, passando por etapas como compras de matérias, controle do processo produtivo, documentos que controlam o processo, instrumentos que verificam o processo e tratamento dos desvios dentre outros.

7.2 Sistema da qualidade é a mesma coisa que controle da qualidade?

Não, o controle da qualidade é uma parte do Sistema da Qualidade. O controle da qualidade baseia-se em verificações do produto, durante e após a conclusão do processo produtivo, a fim de assegurar que o mesmo esteja em conformidade com critérios de aceitação pré – estabelecidos.

Fazem parte do controle da qualidade, dentre outros, as inspeções de recebimento, os ensaios durante a produção e os testes finais do produto.

7.3 Documentos do sistema da qualidade aplicáveis à soldagem

Os documentos do sistema da qualidade aplicáveis à soldagem, que devem ser conhecidos por

soldadores são os seguintes:

- EPS – Especificação de Procedimento de Soldagem
- CQS – Certificado de Qualificação de Soldador
- RSQ - Relação de Soldadores Qualificados
- IEIS – Instrução de Execução e Inspeção de Soldagem

- **Especificação de Procedimento de Soldagem**

  É o documento que determina todas as variáveis de que devem ser seguidas para a realização de um serviço específico de soldagem.

Toda EPS se baseia em um (ou mais) RQPS.

A EPS é um documento de campo, que todo encarregado e supervisor de soldagem deve conhecer, para orientar os soldadores que estejam sob sua administração.

A definição de que EPS deve ser aplicada a cada serviço não é atribuição do encarregado ou supervisor de solda, devendo estes buscar esta definição junto ao responsável pela área de soldagem da empresa (normalmente o engenheiro de soldagem ou inspetor de solda nível 2). (Ver modelo de EPS – na figura 83A e 83B).

	PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM DA EXECUTANTE	Código: Folha: 1 / 2 Revisão: Cliente:

Dados do Procedimento de Soldagem

Processo (s) de Soldagem - Raiz: Enchimento:

Nº RQPS de Cobertura:

Faixa de Espessura Qualificada - Metal de Base:

Faixa de Espessura Qualificada - Metal de Solda: Proc. Raiz: Proc. Enchim.:

Detalhes da Junta

Cobre Juntas:

Metais de Base

	Metal 1	Metal 2
Espec.		
S Nº		
Gr. Nº		
UNS Nº		
OUTROS		
Esp. (mm)		

Obs.:

Gases

	Purga	Bocal
Vazão (l/min.)		
Tipo		
Pureza (%)		

Técnicas de Soldagem

Velocidade (cm/min.)	
Energia max. (J)	
Progressão	
Oscilação (Max.):	
Limpeza entre passes:	
Goivagem da raiz	

Metais de Adição

	Raiz	Enchimento
Espec.		
Clas. (AWS)		
Outros		
F Nº		
A Nº		
Diâm.		
Fabricante		
Marc. Com.		

Características Elétricas

PASSE Nº	PROCESSO	METAL DE ADIÇÃO		CORRENTE		TENSÃO (V)	VELOC. AVANÇO	OBS
		CLASSIF.	DIÂM.	TIPO/POL.	Valor (A)			

RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO	CLIENTE
ASSINATURA ___/___/___	ASSINATURA ___/___/___	ASSINATURA ___/___/___

Figura 98 - EPS

	PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM DA EXECUTANTE	Código: Folha: 2 / 2 Rev.: 0 Cliente:

Ciclo Térmico	
Pré-aquecimento	Temperatura Interpasse
Temperatura (min.) (°C):	Temperatura (máx.) (°C):
Método Aquec.:	Método Aquec.:
Método de Controle:	Método de Controle:

Pós-aquecimento
Temperatura (°C):
Tempo:
Método Aquecimento:
Método de Controle:

Tratamento Térmico
Taxa de Aquecimento:
Taxa de Resfriamento:
Temperatura Patamar:
Tempo Patamar:

Observações

RESPONSÁVEL	APROVAÇÃO	CLIENTE
ASSINATURA ___/___/___	ASSINATURA ___/___/___	ASSINATURA ___/___/___

Figura 99 - EPS

- **Certificado de Qualificação de Soldador**

  É o documento que determina todas as variáveis utilizadas no teste de qualificação de um soldador e com base nestas, determina também a abrangência (materiais de base, consumíveis, espessuras, diâmetros e posições de soldagem, dentre outros) desta qualificação.

O CQS é o documento que atesta que o soldador tem a habilidade suficiente para executar uma solda em determinado processo e sob determinadas condições e parâmetros, sem introduzir descontinuidades que não sejam aceitas pela norma de qualificação.

Os ensaios exigidos para a qualificação do soldador variam conforme a norma de qualificação, mas normalmente são eles: dobramento ou radiografia (algumas normas aceitam este ensaio).

Ver modelo de CQS na figura 100.

Obs. Notar que o ensaio de ultra-som não é aceito para qualificação de soldadores.

	CERTIFICADO DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR / OPERADOR	C.Q.S.O. Nº Revisão: Data: Sinete:

NOME:	CLIENTE:
NORMA DE QUALIFICAÇÃO:	EPS APLICÁVEL:

VARIÁVEL		*REGISTRO DE TESTE*	*FAIXA DE QUALIFICAÇÃO*
PROCESSO			
Tipo de Processo		( ) Manual ( ) Semi-Aut. ( ) Autom.	( ) Manual ( ) Semi-Aut.( ) Autom.
DADOS DA JUNTA			
Cobre-Junta		( ) Com ( ) Sem	( ) Com ( ) Sem
Tipo de Junta		Chanfro em "V"	Todos chanfros e filete
METAL DE BASE			
Especificação do Metal de Base			
Dimensões do Metal de Base	Espessura		
	Diâmetro		
METAL DE ADIÇÃO			
Metal de Adição	Especificação (AWS)		
	Classific. (AWS)		
	F Nº (Asme IX)		
	A Nº (Asme IX)		
	Diâmetro		
Espessura do Depósito de Solda			
TÉCNICAS			
POSIÇÃO DE SOLDAGEM			
Progressão da Soldagem Vertical		( ) Ascendente ( ) Descendente	( ) Ascendente ( ) Descendente
Purga na Raiz		( ) Com ( ) Sem ( ) N/A	( ) Com ( ) Sem ( ) N/A
Tipo de Gás de Proteção		N/A	N/A
Características Elétricas	Corrente	( ) Alternada ( ) Contínua	( ) Alternada ( ) Contínua
	Polaridade	( ) Direta ( ) Inversa	( ) Direta ( ) Inversa
Tipo de Transferência (GMAW/FCAW)		N/A	N/A

TESTES

TIPO DE TESTE	RESULTADO	Nº RELATÓRIO	TIPO DE TESTE	RESULTADOS	Nº RELATÓRIO
VISUAL					
DOBRAMENTO					
RADIOGRAFIA					
MACROGRAFIA					

Observações:

INSPETOR DE SOLDA N. II	RESPONSÁVEL	CLIENTE
ASSINATURA ___/___/___	ASSINATURA / /	ASSINATURA ___/___/___

Figura 100 - CQS

- **Relação de Soldadores Qualificados**

  É o documento emitido pela área de soldagem, no qual são relacionados todos os soldadores qualificados pela empresa e as abrangências de cada uma das qualificações.

  Este documento é de uso corriqueiro de campo e todo encarregado de solda tem a obrigação de conhecer o seu conteúdo e a sua utilização.

Informações mínimas que devem constar da RSQ:

- Nome / sinete do soldador;

- Nº dos CQS relativos às qualificações;

- processo(s) de soldagem que está qualificado;

- metais de base (Pn°) e metais de adição (F n°) que o soldador está qualificado para soldar;

- espessuras e diâmetros qualificados;

- posições qualificadas;

- uso ou não de cobre juntas e gás de purga;

- tipos de corrente / polaridades qualificadas;

Ver modelo de RSQ na figura 101.

RELAÇÃO DE SOLDADORES / BRASADORES QUALIFICADOS

Número :
Data :
Rev.
Fl.

Sinete	Nome	Processo	No.P	No.F.	Posições Qualificadas	Faixa de Espessura	Progessão	Cobre Junta	Observações

Observações :

Legenda :
T - Todas
P - Plana
H- Horizontal
S- Sobre cabeça
V- Vertical

INSPETOR DE SOLDA	CONTROLE DA QUALIDADE	FISCALIZAÇÃO	FISCALIZAÇÃO

Figura 101 - RSQ

- **Instrução de Execução e Inspeção de Soldagem**

  Este documento é obrigatório no Sistema Petrobrás e também adotado pelo sistema da qualidade em várias empresas, independente se trabalham ou não com a Petrobrás.

A IEIS é específica para cada junta a ser soldada. Neste documento estão contidas todas as informações essenciais da EPS, além dos requisitos de inspeção, como tipos de ensaios aplicáveis e extensão de cada ensaio.

É um documento elaborado e emitido pela área de soldagem em conjunto com o controle da qualidade.

É um documento essencialmente de oficina e campo, utilizado tanto pela execução quanto pelo controle da qualidade. Todo encarregado e supervisor de solda devem conhecer seu conteúdo e sua utilização.

Ver modelo de IEIS na figura 102.

	INSTRUÇÃO DE EXECUÇÃO E INSPEÇÃO DE SOLDAGEM	Nº	REV.
		DATA:	FL. 01/01

SERVIÇO:							**DOC. REF.:**					
UNIDADE:			**EQUIPAMENTO:**					**ISOMÉTRICO:**				**Nº JUNTA:**
Nº RQPS:		**Nº EPS:**	**MATERIAL (1):**				**Nº P.**	**Gr.**	**ESPESSURA (mm) Max.**			**DIÂMETRO:**
			MATERIAL (2):				**Nº P.**	**Gr.**				

VARIAVEIS DE SOLDAGEM

PASSE	CAMADA	PROCESSO	CLASSE	FABRICANTE	REFERÊNCIA COMERCIAL	Ø (mm)	CORRENTE POLARIDADE	FAIXA DE AMPERAGE	FAIXA VOLTAGEM	OSCILAÇÃO MÁXIMA
RAIZ										
DEMAIS										

GÁS	TIPO	%	FABRICANTE	REFERÊNCIA COMERCIAL	VAZÃO	PRÉ-AQUECIMENTO	TEMP/INTERPASSE	POS-AQUECIMENTO
TOCHA								
PURGA						GOIVAGEM	( ) SIM	( ) NÃO

TRATAMENTO TÉRMICO		INSPEÇÃO (soldas circunf.outras soldas ver obs.)								
TEMPERATURA DE PATAMAR	N/A	LOCALIZAÇÃO	TIPO	%	TIPO	%	TIPO	%	TIPO	%
TEMPO DE PATAMAR	N/A	CHANFRO								
TAXA DE AQUECIMENTO	N/A	APOS RAIZ								
TAXA DE RESFRIAMENTO	N/A	APOS GOIVAGEM								
TEMPERATURA DE CONTROLE	N/A	APOS CAMADA								
DIFERENÇA / TERMOPARES	N/A	APOS ACABAMENTO								
DUREZA MÁXIMA	N/A	APOS TRAT. TÉRM.								

VS - VISUAL SOLDA	LP - LÍQUIDO PENETRANTE	TP - TESTE PNEUMÁTICO	PT - TESTE POR PONTO
VA - VISUAL AJUSTE	PM - PARTÍCULA MAGNÉTICA	TE - T. ESTANQUEIDADE	ED - DUREZA
DM - DIMENSIONAL	US - ULTRA SOM	TV- TESTE DE VÁCUO	DOB - DOBRAMENTO
RX - GAMAGRAFIA	TH - TESTE HIDROSTÁTICO	TF - TESTE DE FUMAÇA	

CROQUI

OBS.:

INSPETOR DE SOLDA	CHEFE DO C.Q.	FISCALIZAÇÃO

Figura 102 - IEIS

BIBLIOGRAFIA

FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE SOLDAGEM – FBTS. **Curso de Inspetores de Soldagem**. 10.ed.

HOFFMANN, Salvador. **Soldagem; técnicas, manutenção, treinamento e dicas**. Porto Alegre: Sagra, 1992. 123 p

JAMES F. LINCOLN ARC WELDING FOUNDATION**. The procedure handbook of Arc Welding**. Cleveland, OH (USA), 1994. 470 p.

MACHADO, Ivan Guerra. **Soldagem e técnicas conexas; processos**. Porto Alegre: I.G. Machado, 1996. 477 p.

NORMA PETROBRAS – N-133

QUITES, Almir M. **Introdução à soldagem a arco voltaico**. Florianópolis: Soldasoft, 2002. 352 p.; il.. Inclui bibliografia e índice.

Segurança na soldagem. São Paulo: Videoteca, 2002.

SENAI-CIMATEC . **Formação de encarregados de soldagem**. Salvador, 2003.. 175p..

SENAI-CIMATEC . **Curso de nivelamento em processos de soldagem**. Salvador, 2003.. 86p..

WAINER, Emílio; BRANDI, Sérgio Duarte; HOMEM DE MELLO, Fábio Décourt. **Soldagem processos e metalurgia**.